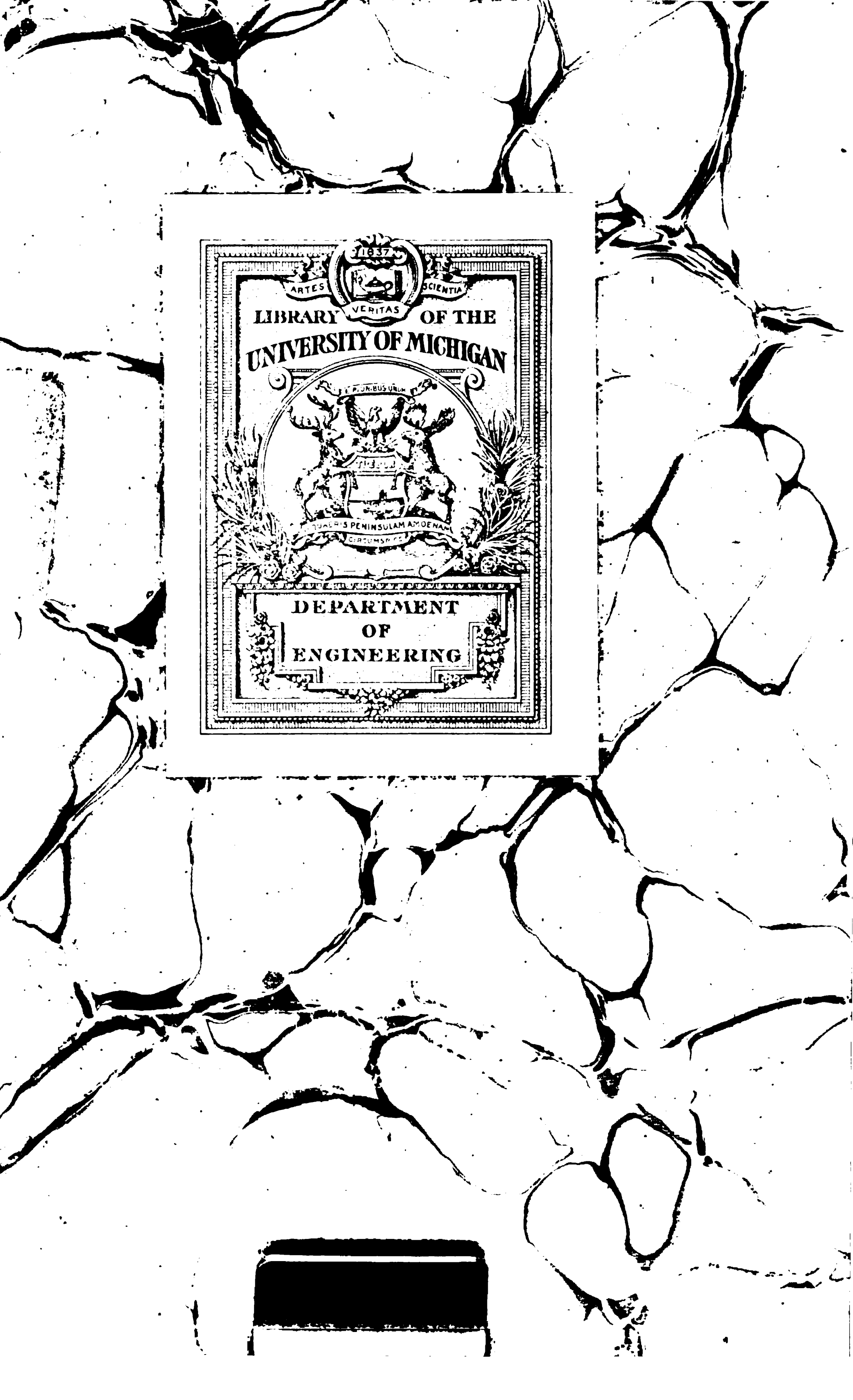



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1893

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1893

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1893

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1893

N° 7.

Sommaire des séances du mois de juillet 1893 :

1° *Décès* de M. D. Colladon. (Séance du 7 juillet), page 6;

2° *Décorations et Nominations*. (Séances des 7 et 21 juillet), pages 7 et 34;

3° *Congrès de Besançon* (Avis de l'ouverture et nomination des Délégués au). (Séance du 7 juillet), page 7;

4° *Congrès des Sociétés savantes en 1894* (Avis du). (Séance du 7 juillet), page 7;

5° *Concours pour la création d'un modèle de masque respirateur, ouvert par la Société des Industriels de France*. (Séance du 7 juillet), page 8;

6° *Concours pour la construction d'un bâtiment de recettes à Bucarest* (Résultat du). (Séance du 7 juillet), page 8;

7° *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, par M. A. Brüll. (Séance du 7 juillet), page 8;

8° *Inauguration du laboratoire central d'électricité*, par M. A. Brüll. (Séance du 7 juillet), page 9;

9° *Traité de la machine à vapeur*, par M. Thurston. (Observations de M. G. Richard, au sujet de la lettre de M. A. Mallet.) (Séance du 7 juillet), page 10;

10° *Le Tout à l'égout* (suite de la discussion sur le), par MM. Bonna,

Lencauchez, Péretmère, Auguste Neveu, Hallopeau, Pettit, H. Hersent, P. Jousselin, Deligny, E. Trélat, Ed. Coignet, Badois, L. Vauthier, Decaux, S. Périssé. (Séance du 7 juillet), page 11;

11° *Don de bons de l'emprunt de 75 000 f.* (Séance du 21 juillet), page 34;

12° *Don de 1 000 f fait après décès*, par M. D. Colladon. (Séance du 21 juillet), page 34;

13° *Exposition d'hygiène du Havre*, le 12 août prochain. (Avis de l'ouverture de l'). (Séance du 21 juillet), page 34;

14° *Comparaison des systèmes d'enclenchements des appareils de la voie*, par M. L. Hubou. (Séance du 21 juillet), page 34;

15° *Tubes Serve*, par M. Kéromnès et observations de M. L. Appert. (Séance du 21 juillet), page 37;

Mémoires contenus dans le *Bulletin* de juillet 1893:

16° *Les Tubes Serve*, par M. Kéromnès, page 42;

17° *Comparaison des systèmes d'enclenchements des appareils de la voie*, par M. Hubou, page 56;

18° *Nouvel Excavateur à chevaux « New Era » de Austin*, par M. A. Zdziarski, page 86;

19° *Bibliographie*, par M. A. Brüll, page 98;

20° *Chronique n° 163*, par M. A. Mallet, page 100;

21° *Comptes rendus*, — page 114;

22° *Planches n°s 92, 93 et 94.*

Pendant le mois de juillet 1893, la Société a reçu:

33480 — De M. Ed. Poillon (M. de la S.). *Note sur l'humidification de l'air des ateliers de filature et de tissage* (grand in-8 de 13 p. et 2 pl.). Amiens, T. Jeunet, 1888.

33481 à 33484 — *Astronomie populaire*, par François Arago, 4 vol. in-8. Paris, Gide et J. Baudry, 1854 et 1858.

33485 à 33497 — *Œuvres de François Arago* (13 volumes in-8). Paris, Th. Morgand, 1865.

33498 — De la Direction de l'Office du travail. *De la conciliation et de l'arbitrage dans les conflits collectifs entre patrons et ouvriers en France et à l'étranger*, par M. J. Lax (in-8 de 610 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1893.

33499 — De M. A. With. *Du rôle et de l'efficacité des enveloppes de vapeur dans les machines à vapeur* (in-8 de 41 p. et 2 pl.). Lille, L. Danel, 1893.

33500 — De M. Loustau (M. de la S.). *Le vignole des mécaniciens. Essai sur la construction des machines*, par Armengaud aîné (in-4 de 727 p.) (Manque l'atlas de 41 pl. in-f°). Paris, A. Morel, 1865.

33501 — De la Société d'études et de construction d'un pont sur la Manche. *Le Pont sur la Manche. Exposé complet de la question*

avec documents, cartes et planches (in-8 de 185 p.). Paris, Paul Dupont, 1892.

33502 — De M. E. Schwœrer (M. de la S.). *Les interférences électriques et la doctrine de G.-A. Hirn* (in-8 de 20 p.). Paris, *Revue scientifique*, 1891.

33503 — Du même. *Le milieu interstellaire et la physique moderne* (in-8 de 14 p.). Colmar, Decker, 1892.

33504 — Du même. *Gustav-Adolf Hirn und seine Bedeutung für die Maschinentheorie*, von Dr. A. Slaby (in-8 de 16 p.). Colmar, Decker, 1892.

33505 — De M. F.-B. de Mas. *Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie*, 2e fascicule. Paris, Imprimerie nationale, 1893.

33506 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Éclairage d'ateliers par l'électricité. Courants continus*, par M. Philippe Houel (in-8 de 166 p.). Paris, Bernard et Cie, 1893.

33507 — Des mêmes. *Notes et formules d'électricité industrielle*, par M. Robert P. Bouquet (in-12 de 408 p.). Paris, Bernard et Cie, 1893.

33508 — De M. A. Chélu (M. de la S.). *Notes sur l'agriculture en Égypte* (in-8 de 70 p.). Douai, A. Duthillœul, 1893.

33509 — De M. E. Schwœrer (M. de la S.). *G.-A. Hirn, sa vie, sa famille, ses travaux*, par MM. D. Faudel et Schwœrer (in-8 de 160 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33510 à 33519 — De M. P. Buquet (M. de la S.). *Documents sur le Ve Congrès international de navigation intérieure de Paris*, 1892.

33520 — Du Ministère des Travaux publics. *Ports maritimes de la France, tome VIII, 2e partie, Algérie, d'Alger à la Calle* (gr. in-8, p. 451 à 1002 avec 19 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1892.

33521 — De M. H.-D. Woods (M. de la S.). *City of Newton. Report of special Commission on the separation of grade crossings of the Boston and Albany railroad*, by MM. Albert F. Noyes, Charles A. Allen, George S. Rice (in-8 de 45 p. et de 6 pl.). Boston, 1893.

33522 et 33523 — De MM. Baudry et Cie, éditeurs, par M. Brüll (M. de la S.). *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, par MM. F. Fuchs et L. de Launay (2 vol. gr. in-8 de 823 p. et de 1015 p.). Paris, Baudry et Cie, 1893.

33524 — De M. G. Richard (M. de la S.). *Les Moteurs à gaz et à pétrole en 1892* (gr. in-8 de 292 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1893.

33525 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). *Feuille murale représentant le bassin de la Seine en aval de Paris, dans les départements de la Seine et de Seine-et-Oise*. 1893.

33526 — De M. L. Violette (M. de la S.). *World's Columbian Exposition. International Engineering Congress. Civil Engineering Division. Notice on the Channel Bridge.* (petit in-4° de 16 p. autog.). Paris, Bastien et Georget, 1893.

33527 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Étude sur les terrains pro-*

pres à recevoir les eaux d'égout de la ville de Paris, par Ad. Carnot (petit in-4° de 12 p. et 1 pl.). Paris, Chaix, 1885.

33528 — Du même. *Rapport de M. Vauthier à la Commission supérieure de l'assainissement de Paris sur les projets Dumont et Charavel, le 23 septembre 1885* (petit in-4° de 59 p.). Paris, Chaix, 1885.

33529 — Du même. *Coup d'œil sur l'assainissement de Paris* (in-8° de 21 p.). Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1892.

33530 — De M. H. Doat (M. de la S.). *La distribution d'eau de Yokohama et de Tokio*. Conférence. Compagnie générale des conduites d'eau de Liège (in-4° de 21 p.). Bruxelles, E. Bruyant, 1893.

33531 — De M. Ch. Dufour (M. de la S.). *Étude sur les presses à forger* (in-8° de 48 p. et 2 pl.). Saint-Étienne, Théolier et Cie, 1892.

33532 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Erwiderung auf das Gutachten der Herren Collignon und Hausser über die Mönchensteiner Brückenkatastrophe*, von W. Ritter (in-4° de 14 p.). Zurich, 1893.

33533 — De M. N. Belelubsky (M. de la S.). *Protokolle der IV. Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructions-Materialien, abgehalten zu Wien, am 25. und 26. Mai 1893* (petit in-4° de 13 p.).

33534 — De M. P. Roux (M. de la S.). *Machines à vapeur et chaudières de Tangyes Limited Catalogue*, par Ph. Roux et Cie (petit in-4° de 80 p.). Paris, 1893.

33535 — De la Smithsonian Institution, par le Ministère de l'Instruction publique. *Index to the literature of explosive*, part. II, by Ch. Munroe (in-8°, p. 39 à 195). Baltimore, 1893.

33536 — De M. Jules Garçon (M. de la S.). *Appareils et machines à teindre. Les sources de documents* (in-8° de 14 p.). Paris, siège de la Société des Ingénieurs civils, 1893.

33537 — De M. de Coëne (M. de la S.). *Étude pour l'achèvement du canal de Panama* (grand in-8° de 15 p. avec 2 pl.). Rouen, E. Deshayes, 1893.

33538 — De l'Accademia dei lincei Roma. *Rendinconto dell' adunanza solenne del 4 Giugno 1893, onorata della presenza di S. M. il Re* (in-4°, p. 51 à 142). Roma, 1893.

33539 — De M. le Président de la Société d'Encouragement. *Projets d'unification des filetages et des jauges de tréfilerie*. Rapport par M. G. Richard (petit in-4° de 96 p.). Paris, Chamerot et Rouard, 1893.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de juillet sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

W. d'Eichthal,	présenté par MM.	Jousselin, d'Eichthal et de Dax.
P.-E.-E. Mocqueris,	—	Jousselin, L. Rey et A. Mallet.
D.-J. da Rocha,	—	Jousselin, de Bovet, Molinos.
J. Sekcer,	—	Bernstein, Bossi, Carimantrand.
L. Sokolowski,	—	Reymond, Evrard, Clamens.
F.-M. Supplisson,	—	Jousselin, Appert, Arson.

Comme membres associés, MM. :

A. Duval,	présenté par MM.	Pérignon, Bourdon, Varennes.
J.-F. Lombart,	—	Berendorf, Billaudot, Morane.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1893

Séance du 7 juillet 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Avant l'adoption des procès-verbaux des deux dernières séances M. PÉRISSÉ dit qu'à la fin de sa deuxième conclusion il faut lire eau beaucoup plus *pure* et non beaucoup plus *froide* que celle du lac Léman.

M. BADOIS fait remarquer que c'est par erreur qu'on lui a attribué la phrase d'un de ses collègues qui a fait remarquer à M. Trélat qu'il y a encore une usine pour le traitement des matières fécales à Choisy-le-Roi.

Sous réserve de ces rectifications les procès-verbaux sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de M. D. Colladon, le doyen d'âge de la Société, décédé le 30 juin, à l'âge de quatre-vingt-onze ans, dans sa propriété de Cologny, près Genève.

M. Colladon était le plus ancien professeur survivant de l'École Centrale où il avait fait les cours de physique, de mécanique et de construction de machines depuis la fondation de l'École jusqu'en 1836.

Le nom de notre regretté collègue se rattache à une foule de questions scientifiques et industrielles dont quelques-unes de tout premier ordre. Il suffira de rappeler : la compressibilité des liquides, la vitesse de propagation du son dans l'eau, l'électricité atmosphérique, la formation des trombes, la construction des machines de bateau sur la Seine et la Saône, le grand dynamomètre de traction de l'arsenal de Woolwich, les moteurs hydrauliques, les études relatives à l'éclairage par le gaz, la construction de la grande usine de Naples et par-dessus tout, ce qui eût fait à elle seule sa gloire, l'application de l'air comprimé au percement des grands tunnels.

Les honneurs n'ont pas manqué de récompenser de si importants travaux. M. Colladon était correspondant et plusieurs fois lauréat (la première fois en 1827) de l'Institut de France, membre de quantités

d'Académies et Sociétés savantes, officier de la Légion d'honneur, commandeur de l'ordre des Saints-Maurice et Lazare (en souvenir du percement du Mont-Cenis), etc. Il était membre de notre Société depuis 1857 et l'un de nos correspondants en Suisse.

Notre collègue, M. A. Mallet, qui était particulièrement lié avec M. Colladon, préparera une notice nécrologique pour le *Bulletin*; aujourd'hui la Société adresse à la famille de l'illustre défunt l'expression de ses vifs regrets et de sa sympathie.

Il y a eu lundi huit jours, nous assistions aux obsèques de notre regretté ancien Président, Victor Contamin, dont le décès a été annoncé à la dernière séance; les discours prononcés sur sa tombe ont été reproduits au *Bulletin* de Juin.

M. le Président a le plaisir de faire part des distinctions dont deux de nos collègues ont été l'objet :

M. Wassner a été nommé chevalier de la Légion d'honneur;

M. Forsans a été nommé chevalier de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

M. le Président dépose ensuite la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, parmi lesquels il signale tout particulièrement les *Notes et formules d'électricité industrielle*, de M. Robert-P. Bouquet, offert par MM. Bernard et Cie; et un ouvrage intitulé : *les Moteurs à gaz et à pétrole*, de M. Richard, dont la compétence en la matière est un sûr garant de l'intérêt que présente ce travail.

M. G. Richard dit que ce volume est un supplément, une sorte de mise à jour de ses précédents travaux sur ce sujet, qu'il fera paraître périodiquement chaque année. Ce volume-ci renferme particulièrement les résultats très importants obtenus avec le gaz des gazogènes de notre collègue, M. Lencauchez.

M. le Président fait part qu'il a reçu avis de l'ouverture du Congrès pour l'avancement des Sciences, à Besançon, au mois d'août prochain.

MM. Ch. Herscher, J. Fleury et A. Peugeot ont été nommés comme délégués de la Société; si quelques autres membres voulaient bien se joindre à eux, on serait heureux d'ajouter leur nom.

M. Regnard annonce qu'il doit prendre la parole à ce Congrès sur une question qu'il a posée à l'avance et acceptera avec plaisir l'honneur d'être nommé délégué.

M. le Président remercie M. Regnard dont le nom sera porté sur la liste des délégués.

M. Ch. Herscher ajoute que ce choix est d'autant plus heureux que M. Regnard est l'auteur d'un Mémoire qui sera discuté au cours des travaux du Congrès.

M. le Président annonce également qu'un Congrès des Sociétés savantes aura lieu en 1894, et fait appel à ceux de ses collègues qui

voudraient y représenter la Société; il s'adresse particulièrement à M. Fleury qui a déjà tant de fois représenté la Société.

La Société des Industriels de France contre les accidents du travail annonce qu'elle a ouvert un concours pour la création d'un bon modèle de masque respirateur contre les poussières; ce serait un honneur pour notre Société si un de ses Membres pouvait remporter le prix.

M. Périssé fait remarquer que ce concours complète celui de l'année dernière sur un type de lunettes d'atelier, à la suite duquel on a primé des appareils qui donnent d'excellents résultats et dont les ouvriers se servent très volontiers.

M. le Président observe que c'est un grand progrès, car autrefois les ouvriers refusaient de se servir des lunettes mises à leur disposition; il a constaté ce fait chez un ouvrier employé dans une grande fonderie qui a perdu la vue des suites d'une blessure occasionnée par un copeau qu'il avait reçu dans l'œil, alors qu'on lui offrait des lunettes dont il ne voulait pas faire usage.

M. le Président a reçu une rectification de M. Lescasse, au sujet de sa communication sur le recrutement des consuls, qui a été analysée dans la séance du 20 janvier dernier.

Il n'a pas conclu, en effet, que les consuls *devaient sortir des Écoles d'Ingénieurs ou être choisis parmi les anciens industriels*.

Il ressort, au contraire, de son travail que, selon lui, *les meilleurs consuls seraient fournis par les anciens élèves des Écoles supérieures de commerce*.

Dans un post-scriptum à sa lettre, M. Lescasse ajoute qu'il est au Canada, dans le pays des grands conifères et qu'il se met à la disposition de ceux de nos Collègues qui voudraient avoir des renseignements sur ces bois remarquables.

La Direction générale des Chemins de fer Roumains nous adresse le résultat du concours qu'elle a ouvert pour la construction d'un bâtiment de recettes et d'un hôtel d'administration à construire à Bucarest et dont elle nous avait donné connaissance en novembre 1892.

Elle a examiné trente-huit projets, et a décerné les deux premiers prix à des Francais.

1er prix. — MM. A. Marcel, architecte du Gouvernement, et L. Blanc, architecte diplômé par le Gouvernement français.

2e prix. — M. L. Farge, architecte de la Compagnie de Fives-Lille.

3e prix. — M. le professeur italien, Jules Magni, architecte, en collaboration avec M. Gustave Parsi.

Bien qu'aucun de ces Messieurs ne fasse partie de notre Société, nous pouvons être fiers que ce soient des Français qui tiennent la tête de la liste des récompenses.

Enfin la Société Industrielle de Mulhouse nous a adressé le programme des Prix à décerner en 1894. Nos collègues trouveront au Secrétariat les renseignements qu'ils désireront à ce sujet.

M. Brüll a la parole pour deux communications; l'une, relative à un ouvrage offert par MM. Baudry et Cie, intitulé: *Traité des gîtes minéraux*

et métallifères, paraîtra *in extenso* dans la Bibliographie du *Bulletin*; l'autre ayant pour sujet l'*Inauguration du Laboratoire central d'électricité*.

La Société Internationale des Électriciens avait convié le Président de la Société des Ingénieurs Civils à assister, le mercredi 14 juin, à l'inauguration, par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, de son laboratoire central d'électricité installé rue de Staël.

M. Brüll a eu l'honneur de remplacer à cette cérémonie notre honorable Président, empêché de s'y rendre.

La Société des Électriciens doit sa naissance au premier Congrès international tenu à Paris en 1881, à l'occasion de cette belle Exposition d'électricité qui fut une véritable révélation.

Le Président actuel est M. Raymond, Directeur de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes. Notre collègue M. Hillairet est aujourd'hui secrétaire général, après M. Picou, qui, lui aussi, est membre de notre Société.

Le laboratoire a pour objets principaux les recherches scientifiques, l'expérimentation d'appareils industriels nouveaux, l'enseignement pratique des jeunes gens déjà pourvus d'une instruction théorique suffisante, la vérification d'appareils de mesure, leur étalonnement, enfin l'examen et l'étude d'appareils proposés pour les services publics ou privés.

La fondation de cet établissement a pour origine un don considérable de la Société de garantie de l'Exposition de 1881, lors de la liquidation des comptes. Le laboratoire a été institué par décret du 24 février 1882.

Mais, comme certaines difficultés administratives en retardaient l'ouverture, il fallut, en attendant, faire appel à toutes les bonnes volontés. Entre autres M. Henri Menier, notre collègue, prêta obligeamment, pour une installation provisoire, un terrain attenant à son usine de Grenelle.

Et là, avec des machines et des instruments offerts pour la plupart à titre gracieux, on put ouvrir les principaux services en 1886. M. de Nerville, Ingénieur des Télégraphes, fut nommé directeur du laboratoire et sut bientôt, avec ces moyens encore restreints, mettre en évidence les services précieux que pouvaient en tirer le commerce, l'industrie, les administrations et la science elle-même. En 1892, il exécutait 172 essais divers et donnait l'enseignement à 19 élèves.

C'est en 1886 que la Société internationale des électriciens fut déclarée d'utilité publique; mais ce ne fut que le 15 mars 1892 qu'un décret approuva une convention passée entre le Ministère des Postes et Télégraphes et la Société internationale, et fixant les conditions d'organisation et d'entretien du laboratoire électrique, ainsi que l'allocation annuelle qui lui était accordée. Peu de jours après, le Conseil municipal accorda à la Société, pour une durée de soixante ans, la jouissance d'un terrain communal situé rue de Staël, 15e arrondissement, d'une contenance de 1 500 m^2.

A la tête d'une nombreuse réunion d'électriciens et d'invités, le Ministre, le Préfet de la Seine, le délégué du Conseil municipal et le Directeur des Postes et Télégraphes, guidés par le Président de la Société, le Président de la Commission et le Directeur, ont visité les salles du laboratoire, fort bien disposées en pleine lumière par M. l'architecte Moyaux,

et garnies déjà d'une belle collection d'instruments de mesure et d'expérience. Cette installation n'est pas complète encore et doit recevoir d'indispensables développements.

Telle qu'elle se présente aujourd'hui, elle fait grand honneur à l'énergie et à la persévérance des fondateurs, à la libéralité éclairée des industriels qui ont soutenu l'entreprise de leurs souscriptions. Elle témoigne aussi de l'appui que la Ville et l'État prêtent volontiers à l'initiative privée, lorsque celle-ci sait affirmer par les sacrifices qu'elle s'impose l'utilité de ses conceptions.

Quant à notre Société, dont les membres contribuent, en grand nombre, à l'étude de l'électricité, à la construction des appareils et aux applications industrielles de l'électricité, elle ne peut que se féliciter de la prospérité du laboratoire central.

Lorsque, en 1878, notre regretté collègue Niaudet Bréguet nous présentait une communication sur les sources diverses d'électricité, on lui demanda s'il pouvait indiquer la valeur de l'équivalent mécanique de l'électricité. Or, cet électricien distingué dut répondre qu'on n'avait pas encore déterminé la valeur numérique de ce coefficient.

Tel était à cette époque l'état des connaissances en électricité. Quel changement en quinze ans !

La Société des Ingénieurs Civils de France voudra certainement s'associer au succès mérité et obtenu par la Société Internationale des Électriciens.

M. Brüll, avant d'abandonner la parole, désire attirer l'attention de la Société sur le dernier numéro reçu du Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Le Comité de mécanique de cette Société a fait paraitre dans ce numéro un très beau mémoire fait à son instigation par M. Sauvage, Ingénieur des mines, sur la question de l'unification des pas de vis, ainsi qu'un travail également fort intéressant de notre collègue, M. G. Richard, sur la question des jauges qui servent à calibrer le fil de fer.

Un exemplaire sera envoyé par la Société d'Encouragement à chacun des membres de notre Société, afin qu'ils puissent autour d'eux faire de la propagande en faveur de cette double unification.

M. le Président remercie M. Brüll et donne la parole à M. Richard.

M. Gustave Richard présente quelques observations au sujet de la lettre publiée par M. *Mallet*, à la page 649 du Bulletin de mai, par laquelle M. *Thurston* pourrait paraître accusé d'avoir, dans son nouveau *Traité de la Machine à vapeur*, négligé de faire à la science française la part qui lui revient dans l'histoire de la machine à vapeur, et notamment d'avoir, « sans tenir compte de la célèbre communication de *Combes* » à l'Académie des Sciences, le 3 avril 1843, des explications données » par cet Ingénieur dans son *Traité d'Exploitation des mines*, publié en » 1845, et des travaux et leçons de *Thomas*, persisté à faire à l'Ingénieur » anglais *D. K. Clark* l'honneur de la *première indication relative à la* » *notion* des condensations initiales aux cylindres » (p. 293, vol. I).

Tout d'abord, contrairement à l'affirmation de M. Mallet, auquel ce passage du livre de M. Thurston a pu échapper, le savant américain

rend pleine justice à *Combes* dont il cite (p. 624, Ier vol.) tous les travaux, en terminant leur courte analyse par cette appréciation parfaitement juste et équitable :

« C'est probablement *la première fois* que ce phénomène (la conden-
» sation, etc...) fut énoncé en termes aussi exacts et précis. »

En outre, M. Thurston, à la page 273, ne fait pas du tout à Clark l'honneur de la *première indication*, etc. ; l'honneur, en un mot, de la *découverte* du phénomène et de sa *notion*, voici ce qu'il dit exactement :

« Clark, dans son *Railway Machinery*, publié en 1855, fut *le premier*
» *qui discuta* ce sujet (les pertes pendant la détente, leur valeur, etc.),
» *en connaissance de cause*, et avec *une intelligence suffisamment claire*
» des effets de la condensation à l'intérieur du cylindre sur le rende-
» ment des machines à vapeur. »

Il ne reste donc plus que l'ignorance du nom de *Thomas ;* mais il semble que l'on doive pardonner à un savant américain de ne pas savoir ce qui se trouve, comme le dit M. Mallet, « conservé avec un soin religieux » dans les *cahiers de notes* des élèves de Thomas, et occasionnellement dans quelques périodiques qui ne sont pas toujours présents au moment opportun.

Enfin, M. Mallet reproche encore à Thurston de n'avoir, en citant les essais des machines à éther du paquebot le *Brésil*, fait aucune mention du nom de *du Trembley*. C'est vrai, M. Thurston, au lieu de citer du Trembley, cite *Gouin :* l'auteur du compte rendu des essais, au lieu de l'inventeur même ; c'est une confusion assurément, mais peut-être pardonnable à un étranger, et qui, en tout cas, ne dénote aucun parti pris de favoriser les ingénieurs et savants étrangers aux dépens des nôtres.

M. Thurston est notre collègue, membre de notre Société ; il n'a jamais manqué de rendre, quand l'occasion s'en est présentée, justice à nos ingénieurs et à nos savants, notamment dans sa belle traduction du mémoire classique de Carnot ; il serait regrettable, à propos d'une légère faute d'érudition — l'ignorance du nom de Thomas — relevée dans un ouvrage de 2000 pages, de voir, ce que M. Mallet regretterait sans doute tout le premier, les membres de notre Société rester sous une impression fâcheuse à l'égard d'un savant occupant aux États-Unis un rang aussi éminent que celui de M. Thurston, et qui nous a donné, en s'inscrivant parmi nous, une marque de réelle sympathie.

M. le Président remercie M. Richard des nouveaux documents qu'il vient de présenter à la Société et qui complètent son étude sur l'ouvrage de M. Thurston, puis il annonce que l'ordre du jour appelle la fin de la discussion de la communication de MM. Duvillard et Badois.

M. Badois demande qu'il soit donné lecture d'une lettre que M. Hersent, empêché de venir à la séance, l'a prié de remettre à M. le Président.

M. le Président dit qu'il donnera connaissance de cette lettre qui figurera au procès-verbal, puis il donne la parole à M. Bonna, le premier orateur inscrit.

M. Bonna pense que l'examen de la question de *l'assainissement de*

Paris n'est pas absolument dépourvue d'intérêt, mais si intéressante que soit la discussion actuelle, il en conteste l'utilité au point de vue pratique. En effet la question se trouve engagée. Le Conseil municipal a adopté un programme complet d'assainissement en ce moment soumis à l'approbation du Parlement. Ce programme comprend l'obligation du déversement direct à l'égout, prévoit l'augmentation du volume des eaux d'alimentation, le parachèvement des égouts, enfin l'épuration par le sol de la totalité des eaux-vannes. Il convient donc de se borner à examiner si la Ville de Paris est engagée dans la bonne voie.

M. Bonna rappelle que le principe du tout à l'égout n'a pas été sérieusement discuté, et pense que M. Duvillard a voulu seulement exprimer la crainte que l'application de ce système ne fût un obstacle ultérieur à l'adduction des eaux. Il ne partage pas cette crainte et croit que s'il existait un obstacle sérieux à cette adduction, il proviendrait plutôt des difficultés que l'on rencontrerait pour la distribution intérieure.

Tout le monde est d'avis qu'une alimentation abondante en eau pure est indispensable ; elle doit être surtout suffisante pour l'application du tout à l'égout.

Sans entrer dans le détail des dispositions arrêtées par le Conseil municipal, l'on peut affirmer que lorsque les améliorations actuellement à l'étude seront réalisées, Paris possédera environ 120 *l* d'eau de sources et 200 *l* d'eau de rivières, soit en tout 320 *l* ; tandis que les capitales qui appliquent le tout à l'égout, par exemple Londres, n'a que 160 *l*, Berlin 75 *l* et Bruxelles 150 *l* pour l'ensemble des services privé, public et industriel. Il paraît donc démontré que Paris possède les ressources suffisantes pour l'application du tout à l'égout.

En examinant le tout à l'égout en tant que système, on doit reconnaître que c'est le seul qui permette d'employer l'eau en abondance et, par conséquent, de mieux utiliser le volume considérable que M. Duvillard veut amener à Paris. C'est le seul qui permette les chasses d'eau fréquentes, les évacuations rapides et qui évite les stagnations des matières fermentescibles.

Il n'y a pas lieu d'insister sur l'importance qui s'attache à faire disparaître rapidement des villes toutes les matières usées. Pour obtenir ce résultat, il ne paraît pas nécessaire de diviser les eaux de diverses natures et de les évacuer au moyen de canalisations spéciales.

Paris est d'ailleurs doté du plus beau réseau de canalisation souterraine qui existe ; presque toutes les rues sont pourvues d'égouts à grandes sections se prêtant facilement aux augmentations accidentelles de débit.

M. Fleury ayant raillé très spirituellement la forme des égouts de Paris, M. Bonna fait remarquer qu'en principe les sections et la pente des égouts de Paris ne diffèrent pas sensiblement des dispositions adoptées à l'étranger. A Londres, à Bruxelles et à Berlin, les types se rapprochent de ceux de Paris et on y retrouve la forme ovoïde avec quelques cas exceptionnels circulaires. M. Durand-Claye a d'ailleurs fait adopter un nouveau type d'égout secondaire, avec cunette à la partie inférieure et banquette latérale sur laquelle les ouvriers peuvent circu-

ler. La cunette est calculée pour recevoir les eaux normales, eaux ménagères et de vidange. La partie supérieure sert à l'écoulement des eaux d'orage.

L'écoulement de toutes les eaux-vannes par une canalisation unique est certainement le système qui se présente sous la forme la plus simple, la moins compliquée et qui offre par conséquent le plus de sécurité. Le « separate system » repose sur cette erreur que les eaux d'égout débarrassées de matières de vidange deviendraient absolument inoffensives, pouvant s'écouler sans inconvénient dans les cours d'eau. Il convient de citer contre cette assertion les expériences de M. Marié-Davy, le rapport de M. Vauthier sur l'assainissement de Paris et l'exemple de Reims dont les égouts ne reçoivent aucune matière de vidange, mais qui, néanmoins, écoulent des eaux tellement polluées que la Ville fut mise en demeure de porter remède à l'envasement de la rivière de la Vesle et d'épurer ses eaux par les procédés agricoles.

M. Bonna aborde ensuite la question de l'assainissement extérieur, ou de l'épuration des eaux d'égout. Cette question a donné lieu à bien des discussions, mais, ainsi qu'il le faisait remarquer au Congrès d'hygiène de Londres, en 1891, s'il y a eu divergence sur les conditions dans lesquelles l'épuration devait être faite pour donner des résultats avantageux, les hygiénistes paraissent aujourd'hui d'accord pour reconnaître que l'emploi agricole est le seul qui permette, par la filtration lente à travers le sol, d'obtenir une oxydation parfaite des matières organiques, et le plus efficace pour ramener les eaux à un état de pureté satisfaisant, tout en utilisant les matières fertilisantes qu'elles contiennent. C'est le seul procédé pratique et rationnel pour épurer les liquides des grands égouts de Paris.

M. Bonna rend hommage à M. Trélat qui, dans une précédente séance, a exposé d'une façon remarquable la théorie complète de l'épuration par le sol; il ajoute que ce procédé a fait ses preuves à Gennevilliers, à Reims, à Berlin, etc. Il examine ensuite le volume considérable des eaux à épurer d'après les communications de MM. Duvillard et Badois. Après avoir fait remarquer l'erreur de M. Duvillard qui indique un débit de 120 *l* à la seconde pour les collecteurs, il accepte pour la discussion le chiffre de M. Badois qui représenterait, en tenant compte des déperditions ordinaires, un débit maximum de 16 à 18 *l* à la seconde.

En prenant pour base le chiffre de 40 000 m^3 par hectare et par an, la surface nécessaire pour l'épuration d'un tel volume serait de 15 000 *ha* de terrains environ ; c'est sans doute là un maximum qui ne sera probablement jamais atteint. Après avoir examiné s'il est possible de se procurer une surface aussi considérable dans les régions à proximité de Paris, en se basant sur les indications fournies par la note de M. Carnot, que MM. Trélat et Périssé ont déjà mentionnée, M. Bonna pense que l'on peut se procurer facilement ces terrains dans la vallée de la Seine. Il rappelle que M. Vauthier a démontré que la solution de la vallée de la Seine en aval de Paris est celle qu'une étude préalable de la question eût fait adopter si d'autres considérations n'eussent pas conduit à s'y engager.

C'est la solution qui présente le plus bas prix de revient pour le transport des eaux.

Dans la vallée de la Seine la surface irrigable est d'environ 25 000 *ha*; il y a donc suffisamment de marge pour se procurer les 15 000 *ha* qui seraient au maximum nécessaires.

Actuellement le débit des égouts est loin d'être aussi élevé; il n'atteint pas 5 m^3 à la seconde, et la surface nécessaire pour l'épuration est d'environ 3 600 *ha*; en défalquant les 600 *ha* de Gennevilliers, les 800 *ha* d'Achères et les 500 *ha* de Méry, qui appartiennent à la Ville de Paris, il ne reste donc que 1 700 *ha* à acquérir pour réaliser l'assainissement complet des eaux d'égout de Paris. D'après les études qui ont été faites, on pourra disposer des terrains nécessaires au fur et à mesure des besoins, même pour le débit de 10 m^3 à la seconde prévu pour le canal d'amenée d'Herblay.

Pour les extensions ultérieures, en admettant que des difficultés trop grandes se présentent dans la vallée de la Seine, la ville de Paris aurait toujours la ressource de donner une autre direction à la seconde conduite, en choisissant pour l'épuration les autres terrains désignés dans la note de M. Carnot et qui n'exigent pas une trop grande dépense d'adduction.

D'ailleurs, en admettant que l'on ne puisse avoir une étendue suffisante pour épurer, à la dose de 40 000 m^3 par hectare et par an, le volume total des eaux d'égout, il n'y aurait aucun inconvénient à augmenter le dosage des irrigations.

En effet, si la quantité de résidus solides et de matières en suspension augmente proportionnellement aux surfaces desservies, et au nombre d'habitants, elle n'augmente pas nécessairement en raison du volume d'eau distribué.

Si l'on double, par exemple, le volume des eaux distribuées, on n'augmentera pas sensiblement la quantité totale de matières contenues dans les eaux d'égout; ces matières seront diluées dans de telles proportions qu'il paraît rationnel de dire que l'irrigation avec ces eaux peu contaminées pourra se faire à un dosage double, c'est-à-dire à la dose de 80 000 m^3 au lieu de 40 000 m^3 à l'hectare.

En ce qui concerne l'utilisation agricole, M. Bonna rappelle que M. Périssé, avec d'autres Ingénieurs qui se sont occupés de ces questions, croit que les doses d'arrosage pourraient être réduites à 10 000 m^3 par hectare et par an; encore est-ce là un volume maximum d'utilisation qui pourrait être diminué si les propriétaires, comprenant leur véritable intérêt, demandaient à faire de l'utilisation agricole sur les propriétés avoisinant les champs d'épuration proprement dits.

Cette idée semble tout à fait théorique, car elle repose sur l'assimilation que l'on fait entre les eaux d'égout et le fumier de ferme. La composition des matières fertilisantes est à peu près la même, mais la forme sous laquelle se présente l'azote notamment est différente.

L'expérience des irrigations sur des terrains perméables prouve que, si l'on veut faire de la culture intensive, la seule pratique avec les irrigations à l'eau d'égout, la dose d'arrosage ne doit pas descendre au-dessous de 20 000 à 25 000 m^3 par hectare et par an. La dose de 25 000 m^3

peut même être considérée comme un minimum bien insuffisant au début d'une exploitation de ce genre. Il est, en effet, indispensable de disposer d'un volume bien plus considérable pour aménager les terrains, les amender, les rendre rapidement propres à cette culture spéciale.

Les expériences des laboratoires paraissent en cela d'accord avec les expériences directes sur les champs irrigués.

M. Bonna appelle l'attention sur la grande solubilité des nitrates et la facilité avec laquelle l'azote nitrifié peut échapper aux plantes et s'en aller à la nappe souterraine.

M. Dehérain a présenté une note intéressante à l'Académie des Sciences, ayant pour objet la déperdition du sol en azote, par suite de la solubilité des nitrates.

L'azote nitrique se trouve, en effet, entraîné par les eaux de drainage quand les besoins de la végétation ne l'utilisent pas en temps opportun. C'est surtout l'hiver que cette déperdition est très importante, puisque le sol reste libre.

M. Dehérain a proposé, pour obvier à cet inconvénient, de donner après la récolte un labour de déchaumage et de semer des graines à végétation rapide, de les enfouir ensuite au printemps. Cette culture dérobée épargne au sol des pertes d'azote, accumule cet élément pour le rendre à la terre en temps utile.

M. Müntz a cité les expériences de MM. Lawes et Gilbert, qui montrent que l'emploi des eaux d'égout peut augmenter la production végétale dans une forte proportion sans guère modifier le degré de richesse du sol.

C'est un engrais *qui agit vite*, mais dont il ne reste rien ou presque rien dans la terre. Les principes de l'eau d'égout ont sur la végétation un effet immédiat; mais aussitôt que l'irrigation est suspendue, la terre revient à son état de fertilité primitif.

Walcker a analysé la terre des prairies situées près d'Edimbourg, ayant reçu pendant près de quatre-vingts années consécutives de 30 à 40 000 m^3 d'eau d'égout par hectare et par an. Le sol est resté excessivement pauvre, malgré les quantités énormes de matières fertilisantes déversées à sa surface sous forme d'eaux d'égout. Il ne faut donc pas s'attendre à un emmagasinement de matières fertilisantes, *ni même à une obstruction par les matières organiques.*

M. Bonna ajoute que M. Deligny et, après lui, M. Périssé ont fait avec raison un grand éloge de la valeur des eaux d'égout; mais en pratique, pour des terrains perméables comme ceux des caps de la vallée de la Seine, il recommande d'user largement de l'irrigation, si on ne veut pas aller au-devant d'un échec ni s'exposer à avoir des demi-récoltes peu rémunératrices.

Cette manière de voir n'est sans doute pas conforme à ce qui a été dit jusqu'à présent au point de vue de l'utilisation des eaux d'égout; mais il convient de faire connaitre les enseignements qui résultent d'une pratique de plusieurs années et d'une expérience de l'irrigation à l'eau d'égout sur de grandes superficies de terrains.

Contrairement à l'opinion de M. Duvillard, M. Bonna dit qu'en prin-

cipe les irrigations peuvent se faire en toutes saisons, même par les plus grands froids.

Les eaux d'égout conservent une température de 5 à 6° au-dessus de zéro. Lorsque la température extérieure descend au-dessous de zéro, l'eau d'égout a la propriété de faire fondre la neige, de pénétrer dans le sol perméable, même durant les gelées; elle prépare ainsi elle-même sa filtration.

Les irrigations ne sont donc jamais interrompues, mais elles ne doivent pas se faire d'une manière continue.

Il y a quelque raison de penser que la culture morcelée pour l'épuration rationnelle de volumes d'eau considérables est un obstacle sérieux pour l'épuration continue.

Il est, en effet, difficile de faire comprendre aux usagers que, s'ils ont le droit d'utiliser les eaux selon leurs convenances, ils sont également dans l'obligation de les recevoir les jours de pluie, de gelée et même la nuit.

Cette difficulté disparait si, au lieu de diviser à l'infini les propriétés irrigables pour la culture maraichère, on se borne à *faire de la culture industrielle* sur de grandes surfaces.

Il est, en effet, indispensable de disposer d'une certaine étendue de terrains pour régler l'assolement de manière à pouvoir irriguer certaines cultures au moment où les arrosages doivent cesser sur d'autres parties.

C'est le système employé à Berlin et qui a été adopté également pour l'épuration des eaux d'égout de Reims. Les irrigations fonctionnent à Reims depuis cinq années sans jamais avoir été interrompues; même pendant les plus grands froids des hivers 1891 et 1892.

La culture maraichère et industrielle, celle de la betterave à sucre pour distillerie et des autres plantes sarclées, conviennent bien pour ce genre d'irrigation. Ces cultures nécessitent des binages multiples qui ont pour effet de rompre la croûte superficielle du sol entre les lignes, d'enlever les mauvaises herbes, d'assurer l'accès de l'air entre les plantes, et de maintenir la perméabilité des terrains.

M. Bonna présente ensuite quelques observations sur lesquelles il croit devoir attirer l'attention, quoique paraissant étrangères à cette discussion.

On a fait remarquer très souvent que les exploitations agricoles utilisant les eaux-vannes n'avaient pas donné de résultats satisfaisants au point de vue financier; mais, en cherchant les causes qui ont pu occasionner les insuffisances signalées, il est facile de reconnaitre que, dans la plupart des cas, on a fait supporter à l'agriculture des charges qui incombaient aux villes. Pour éviter une semblable interprétation, il convient d'admettre comme principe que l'évacuation des eaux d'égout et leur épuration constituent une obligation pour les villes. Les produits d'une exploitation agricole ne permettent de supporter que des dépenses réellement afférentes à cette exploitation. Il faut, d'ailleurs, tenir compte des frais d'épandage des eaux sur les terrains irrigués. Ces frais augmentent le prix de revient de l'engrais répandu sur le sol, et si l'on ajoute encore d'autres frais, tels que les intérêts et l'amortissement des dépenses de premier établissement, l'exploitation deviendra plus onéreuse que dans une culture ordinaire. En conséquence, les dépenses concernant l'éta-

blissement des conduites d'adduction, l'élévation des eaux, s'il y a lieu, et les conduites de distribution doivent être supportées par les villes. Celles-ci ne doivent pas considérer l'utilisation des eaux comme une source de revenus éventuels, elles doivent avoir pour but de faciliter l'épuration, tout en cherchant naturellement à rendre cette opération aussi peu onéreuse que possible pour elles.

M. Bonna parle ensuite du personnel nécessaire pour les irrigations qui, pour les eaux d'égout de Paris, ne comprendrait que 200 à 250 fontainiers-répartiteurs. En ce qui concerne la culture proprement dite, le personnel des fermes irriguées n'est pas plus considérable que celui des exploitations ordinaires. Quant aux maladies, il n'a jamais eu à constater aucun cas d'épidémie parmi le personnel des irrigations.

Enfin, il résume sa communication en disant que le service d'alimentation de Paris paraît actuellement suffisant pour l'application du *Tout à l'égout*.

Le système dit *Tout à l'égout* ne peut être un obstacle à l'adduction éventuelle de nouvelles eaux de sources. C'est le seul système, au contraire, qui permette d'utiliser ces eaux dans les meilleures conditions pour éloigner rapidement les matières fermentescibles de l'intérieur de la maison et de les diriger à l'extérieur de la ville. Enfin, avec ce système, l'épuration de la totalité des eaux d'égout est chose possible, même si le volume d'eau est considérable.

En résumé, il pense que le programme adopté par les Ingénieurs de la Ville de Paris est rationnel, et parfaitement en rapport avec les progrès de l'hygiène.

M. le Président remercie M. Bonna de son intéressante communication qui donne des détails très complets et nouveaux sur la culture dans les champs d'épandage.

M. Lencauchez a la parole; il commence par faire remarquer qu'à Londres où, d'après le dire de M. Trélat, la mortalité est moins grande qu'à Paris, on ne boit pas d'eau de source; le même orateur a affirmé que l'eau qui sort des plaines de Gennevilliers est très pure. Eh bien, si l'eau filtrée est si bonne, pourquoi aller si loin chercher des sources et pourquoi ne pas chercher simplement un terrain filtrant près de Paris pour employer l'eau de la Seine?

M. Lencauchez explique ensuite combien la division des services divers de la Ville ayant chacun un chef à leur tête est onéreuse; on sépare les services des eaux, des égouts, du gaz et de l'électricité, etc...; si en place de cela on les réunissait, on pourrait, au moyen des chaleurs perdues de certaines usines, produire la force nécessaire aux autres et on réaliserait de ce chef de belles économies.

L'entraînement, en cas d'orage, des eaux d'égout à la rivière a été traité assez légèrement et considéré comme un accident rare et de courte durée; mais il ne faut pas perdre de vue que les germes morbides entraînés à la rivière dans ces circonstances y séjournent longtemps pendant le trajet jusqu'à la mer; c'est une circonstance qu'il serait bon d'étudier avec soin.

Une autre question importante est celle du transport des sables dans

les égouts. Certes, il n'est pas mauvais de les mélanger aux terres des champs d'épandage, la filtration n'en est que mieux assurée dans les terres fortes et argileuses, mais ne serait-il pas préférable de les décanter pour en tirer les produits fertilisants? A cette opération pourrait être joint le lavage des gadoues pour en tirer les parties utiles à l'agriculture : ce serait probablement plus productif que de les incinérer comme on le fait à Londres, avant de les séparer des parties boueuses qu'elles renferment.

L'orateur aborde ensuite la question des fosses existantes : elles sont nombreuses et il y en aura encore longtemps; aussi voudrait-il qu'on fasse quelque chose pour les améliorer tant qu'elles existeront; il fait remarquer incidemment que l'administration n'a jamais beaucoup favorisé ces améliorations, sans doute dans le but de faire hâter la solution du Tout à l'égout. Une des principales qui s'imposent actuellement serait la ventilation des fosses d'une manière plus parfaite qu'elle n'est faite actuellement; elle pourrait être obtenue en disposant dans la cheminée d'appel un bec de gaz qui chaufferait à une température d'environ 1 000°, une sorte de capuchon en terre réfractaire composé de chicanes multipliant les surfaces de chauffe au contact desquelles les gaz se brûleraient: ce bec de gaz, à travers une glace, pourrait éclairer les cours. Ce serait une reproduction en petit de ce qu'a fait M. Charlet dans les usines de produits chimiques où il a pu ainsi faire disparaître toute odeur.

M. le Président remercie M. Lencauchez des idées nouvelles qu'il a émises, notamment dans la dernière partie de sa communication.

M. Lencauchez ajoute que ce qu'il a dit pour les fosses d'aisances et les usines qui traitent les matières fécales s'applique également à d'autres établissements qui répandent des odeurs au moins aussi désagréables et proteste aux noms de la mécanique, de la physique et de la chimie, quand il entend dire que les usiniers ne peuvent pas travailler dans le vide, plus ou moins grand, brûler et détruire gaz et produits infects et morbides, alors que depuis plus de vingt-cinq ans le contraire est parfaitement démontré.

M. le Président donne ensuite lecture d'une note de M. Péretmère ainsi concue:

Le résumé du rapport de M. Badois se traduit ainsi :

1° Amener en quantité énorme une seule nature d'eau pure et fraiche à distribuer par une seule canalisation;

2° Expulser les eaux usées selon leur nature et leur provenance par un double système d'évacuation.

Dans la première conclusion, nous sommes tous d'accord si on peut avoir une seule canalisation au lieu de deux, au point de vue économique; mais il y aurait le plus grand danger à n'avoir qu'une seule nature d'eau.

Il faut, au contraire, plusieurs conduites et sources d'eau pour éviter les arrêts dans la distribution. Nous voyons Marseille, *ayant 600 litres par habitant, manquer d'eau complètement* pendant les chômages ou rup-

tures du canal de la Durance, unique source d'eau, tandis qu'à Paris, où il n'y a que 200 *l* par habitant, on ne *manque jamais d'eau*. On en a en moindre quantité quand il y a accident; mais le service de l'assainissement par l'eau ne court aucun danger d'arrêt, ce qui est capital.

Donc, ce sont des sources nombreuses d'eau qu'il faut, et non une source unique.

Dans le deuxième cas d'évacuation, je suis d'avis que l'unique système d'évacuation est moins coûteux et même préférable à prix égal que le double système préconisé par M. Badois.

Le grand argument de la séparation des matières de vidange tombe de soi, si on calcule que, pour Paris, elles s'élèvent à 10 000 m^3 par jour sur *les 600 000* m^3 *d'eaux d'égout journalières;* qu'elles sont donc *noyées dans un liquide 60 fois plus grand* (soit *1 litre de matière liquide* dans *60 litres d'eau d'égout*).

(2 500 000 habitants à 4 *kg* par jour = 10 000 m^3 matière vidange.)

Je renvoie donc nos collègues à la page 9 de ma notice sur la matière, et suis d'avis que le système adopté par la ville de Paris est le plus sage au point de vue de la pratique et de l'utilisation agricole par une évacuation unique. Les eaux de surface, à Paris, sont tout aussi polluées que les matières de vidange.

Dans les villes industrielles, où la nature des eaux peut décomposer les principes fertilisants de l'eau d'égout, comme à Reims, à Lyon, il peut y avoir intérêt à dériver ces eaux sur un point spécial; mais ce sont des exceptions, et il y aura toujours économie réelle à faire un peu moins *d'utilisation agricole* par le sol, et de faire de l'*épuration par le sol* en une seule conduite.

M. Auguste Neveu, empêché d'assister à la séance, a envoyé le texte du vœu suivant, qu'il désirait communiquer à la Société des Ingénieurs civils :

« La Société des Agriculteurs de France émet le vœu que les pouvoirs publics, lorsqu'ils auront à se prononcer prochainement sur le projet d'emprunt de la Ville de Paris, dont une partie est destinée à l'adduction et à l'épandage des eaux d'égout à Achères, prennent des mesures pour qu'avant d'être arrivées à leur destination définitive, ces eaux puissent être, sur leur parcours, utilisées au profit de l'agriculture et de l'industrie, si cet emploi n'est pas contraire à l'hygiène publique. »

M. le Président donne la parole à M. Hallopeau.

M. Hallopeau ajoutera peu de chose à ce qui a été dit. Il rappelle les communications faites de 1858 à 1886 par plusieurs de nos collègues, et notamment par MM. Léon Thomas, Lencauchez, Hersent.

Il n'est pas possible de présenter la question avec plus d'indépendance, de raison et de bon sens.

En fait, le consommateur paie l'eau et la vidange beaucoup plus cher aujourd'hui qu'il y a quarante ans, sans avoir rien gagné au point de vue de l'hygiène, au contraire.

Sur une carte qu'il a fait exposer, l'orateur montre le point où se déverse la rue de Marivel, dépotoir de Versailles, de Chaville et de Sèvres,

près le pont de Sèvres, en face la prise d'eau de Billancourt, celui où se trouvent à Clichy des machines d'une puissance de 1 100 *chx*, qui consomment évidemment une grande quantité de charbon et dont le but est de permettre d'envoyer à Gennevilliers d'abord 50 000 *m*³, et plus tard à Achères et à Méry-sur-Oise 200 000 *m*³ des eaux du Tout à l'égout. A cette époque, la dépense de force et de combustible sera quadruplée.

Au nord, du côté des pentes de Clignancourt, se trouve un autre collecteur du Tout à l'égout, qui se jette dans la Seine entre Saint-Ouen et Saint-Denis; un troisième collecteur récolte ce qui tombe des dépotoirs de Bondy et pollue le fleuve depuis Saint-Denis jusqu'à Elbeuf, jusqu'au point où l'action du reflux détermine un courant actif et l'entrainement des vases déposées sur les bords de la Seine.

Voilà le seul résultat acquis réellement. Il est vrai que, les égouts du nord étant départementaux, la ville de Paris s'en désintéresse.

M. Hallopeau signale ensuite la situation déplorable de la ville de Versailles et des communes adjacentes, qui sont alimentées par de l'eau *infecte* prise dans des bassins creusés latéralement à la Seine et vendue aux consommateurs à raison de 0,60 *f* le mètre cube, prix *exorbitant*, alors que l'autorité militaire est arrivée à alimenter le camp de Satory d'eau absolument épurée ; cette anomalie provient des difficultés qui existent pour mettre d'accord l'autorité militaire, le service des Bâtiments civils (Ministère des Travaux publics et Domaine) et la Société auxiliaire de la Banlieue.

Un Membre fait observer que la Compagnie des Eaux de la Banlieue ne s'oppose pas du tout à cet accord et qu'elle va bientôt amener à Versailles une grande quantité d'eau épurée.

M. Hallopeau prend acte. Il constate qu'il est grandement temps de satisfaire aux nombreuses réclamations des habitants de cette partie de la banlieue, et il y aurait grave danger pour le bien public à différer plus longtemps l'amenée d'eau pure à Versailles et dans les communes voisines.

De même les nouveaux projets de loi récemment présentés ou en discussion arrivent enfin fort à propos. On annonce qu'ils comportent la concentration à bref délai, dans une *canalisation spéciale* , de toutes les matières de vidanges et leur épandage en des points convenablement choisis.

On rentrerait ainsi ou bien dans le système Duvillard, les matières étant entraînées sous l'action d'une projection d'eau surabondante, ou bien dans le système Berlier, décrit par M. Chardon dans la dernière séance du 23 juin 1893.

Le principe de la loi adoptée par la Chambre des députés, le 27 juin 1893, est excellent en ce qu'il condamne le *Tout à l'égout* proprement dit.

Mais elle doit être revisée par le Sénat, car il reste à inscrire parmi les cours d'eau à protéger contre l'infection par le déversement des vidanges, les « rivières, fleuves et canaux », leurs eaux servant toujours à l'alimentation publique.

M. Hallopeau se demande s'il est rationnel de confier, comme l'indique la loi du 27 juin 1893, la surveillance du service d'hygiène public

aux inspecteurs des *Enfants assistés*, alors que le Ministre de l'Intérieur dispose des agents techniques de tous ordres du service municipal, parfaitement accrédité pour signaler les mesures à prendre en ce qui concerne la protection des eaux et en assurer l'exécution.

Enfin, la loi du 12 juin 1893 sur l'hygiène dans les établissements industriels peut être également fort utile; elle sera cependant d'une application difficile lorsque l'administration supérieure elle-même, comme à Versailles en ce moment, ne mettra à la disposition des chefs d'usine, en fait d'eau potable, que des eaux polluées et d'un usage dangereux pour la santé publique.

M. Hallopeau réclame l'assainissement du bassin de la Seine, sans nouveaux retards ni atermoiements :

1° Par l'application générale du système Berlier pour l'évacuation ;

2° Par l'adduction à Paris des eaux saines et pures du lac Léman, selon le projet de M. Duvillard.

Il faut arrêter le gaspillage actuel des eaux de source. Chaque chute directe à l'égout entraine une dépense de 10 *l* d'eau par chaque évacuation, plus une manœuvre par jour de l'appareil de chasse, soit encore 300 *l* en plus.

A raison de 0,33 *f* le mètre cube, cela correspond à 1 000 m^3 par an, soit 330 *f* pour le lavage des cabinets d'aisance.

En ajoutant à cette dépense de.	330 *f*
les frais par chute à titre de redevance municipale	60
le montant des intérêts des sommes dépensées pour l'installation, soit 5 000 *f* à 4 0/0.	200
On obtient une dépense par an de.	590 *f*

alors que la vidange d'une fosse fixe ne dépasse pas 100 *f*.

Il y a lieu de noter que dans le système Berlier, la dépense d'installation ne dépasse pas 450 *f*, les frais annuels s'élèvent à environ 100 *f*, comme dans le cas d'une fosse fixe.

En terminant, M. Hallopeau rappelle la triste opinion que pourront émettre nos arrière-neveux si l'on se reporte à l'avis exprimé récemment par M. Armand Gautier, membre de l'Académie des sciences, professeur de chimie biologique à la Faculté de médecine de Paris, membre du Conseil d'hygiène :

Dans les siècles à venir, quelque savant pourra dire de nous :

« Il existait en ces temps, sur les rives de la Seine, un peuple assez » spirituel, mais naïf et fort sale, car il entretenait de ses deniers des » hommes spéciaux chargés de lui faire accepter et boire avec son eau » de table ses propres déjections. »

Telle est la vérité.

M. le Président, après avoir remercié M. Hallopeau, annonce qu'avant de donner la parole à M. Badois, il va donner lecture d'une lettre que lui a communiquée M. Pettit, au sujet du procédé Anderson, qui a été décrit en 1891 par lui, lors de la visite faite par un certain nombre de nos collègues à l'usine de la Compagnie des Eaux à Boulogne.

Ce procédé, mis à l'essai sur 500 m^3 par jour, est actuellement appli-

qué à une quantité de 5 000 m^3 et va être très probablement étendu à toutes les eaux distribuées dans le département de la Seine par la Compagnie générale des Eaux.

Des analyses chimiques et microbiologiques faites régulièrement, il ressort que ce procédé enlève de 99 à 99,5 0/0 des bactéries contenues dans l'eau de Seine.

De plus, contrairement à ce qu'a dit M. Badois, ce procédé ne comporte aucun emploi de chaux; l'eau contient à sa sortie des filtres une quantité d'oxygène suffisante et paraît inapte à redevenir un bouillon de culture.

Enfin, M. Pettit rappelle, pour mémoire, les galeries filtrantes de Lyon, qui ont constamment donné les résultats les plus satisfaisants, puisqu'après plus de trente années de service, les analyses microbiologiques n'accusent que 50 bactéries par centimètre cube. Ce succès est dû à des conditions toutes locales, en particulier à la nature du lit de gravier dans lequel sont construites les galeries et au régime quasi-torrentiel du Rhône qui a pour effet de renouveler presque incessamment les couches filtrantes supérieures.

M. Hersent, absent de Paris, nous a remis une note dans laquelle il dit que le *Tout à l'égout* obtiendrait un résultat plus sûr et plus économique en aspirant toutes les déjections des closets et des cuisines par des conduites fermées qu'on réunirait dans un collecteur qui irait jusqu'à la mer.

Il rappelle à ce sujet que M. Durand-Claye lui-même lui a dit qu'à son avis l'irrigation de Gennevilliers, puis d'Achères, etc., ne sont que des étapes successives de l'écoulement jusqu'à la mer.

L'égout serait uniquement employé à l'écoulement des eaux de pluie et de lavage des rues et ne répandrait plus de mauvaises odeurs.

La note de M. Hersent, qui renferme des renseignements précieux, sera jointe au dossier formé sur cette question.

M. le Président désire présenter quelques observations à l'appui de la discussion.

Le *Tout à l'égout* est absolument décidé en principe.

Les dépenses d'exécution, évaluées par MM. les Ingénieurs de la ville de Paris, ont servi de base à la fixation du chiffre de 117 millions et demi, dans l'emprunt voté par le Conseil municipal et présentement soumis à la sanction du Parlement.

Les dépenses, ainsi qu'il résulte du libellé même des motifs de l'emprunt, se répartiraient ainsi :

1° Travaux d'adduction et d'élévation des eaux d'égout jusqu'aux terrains à affecter à l'épuration agricole; acquisition et aménagement de ces terrains, coût : 30 800 000 *f*;

2° Achèvement du réseau d'égouts de Paris; amélioration des égouts existants et construction de nouveaux collecteurs, coût : 35 200 000 *f*;

3° Achèvement de la distribution d'eau; construction des réservoirs; améliorations diverses des conduits, des bornes de filtrage, des aqueducs, des canaux, etc.; dérivation du Loing et du Lunain, coût : 50 millions;

4° Frais de l'emprunt : 1 500 000 *f.*

Ainsi, en dehors des dépenses afférentes aux travaux d'utilisation et de canalisation des eaux d'égout, la dépense de cinquante millions, spécialement réservée à l'achèvement de la distribution d'eau et à l'adduction d'eaux nouvelles, indique quelle importance doit jouer l'eau pure dans la réalisation du problème.

Après la Dhuis, la Vanne et l'Avre, on pense aujourd'hui à s'adresser aux rivières du Loing et du Lunain : demain, on songera à la Loire.

On s'explique bien alors que des Ingénieurs distingués aient pensé à aller chercher au loin des masses d'eau indiscutables comme volume pour les amener à Paris.

On nous a parlé, il y a quelques années, du lac de Neuchâtel. Aujourd'hui les communications intéressantes de MM. Duvillard et Badois relatives à l'adduction à Paris des eaux du lac Léman ont provoqué la discussion pendante du *Tout à l'égout*. Les lacs de Neuchâtel et du Léman sont loin de nous; les dérivations de la Dhuis, de la Vanne et de l'Avre ont nécessité des travaux considérables et coûteux, car elles ont chacune un parcours dépassant une centaine de kilomètres.

Il en sera de même pour le Loing et le Lunain : de là des dépenses qui absorberont une large part des 50 millions prévus au projet d'emprunt.

Mais ne pourrait-on trouver, dans un rayon plus rapproché de Paris, des sources d'eau pure suffisamment abondantes pour compléter ce qui manque aux adductions actuelles?

Il est intéressant de signaler à ce sujet un travail récent exécuté à Essonnes, près Corbeil, par un de nos plus distingués collègues, M. Paul Darblay.

M. Darblay, pour assurer le transport économique des produits de son usine, a créé en Seine, à un kilomètre de l'usine, un port d'embarquement relié à l'usine par un embranchement de chemin de fer traversant la colline sous un tunnel : cet appontement a nécessité des fondations spéciales dans une couche de graviers livrant passage à de telles quantités d'eau, que les pompes d'épuisement s'en rendirent maîtresses difficilement. M. Darblay constata que ces eaux présentaient un tel caractère de pureté qu'il eut l'idée de les capter pour l'alimentation de son usine.

Il construisit alors une vaste galerie couverte en meulière de 2 *m* de diamètre, posée dans le gravier et criblée dans ses pieds droits de trous de drainage. Cette galerie est posée à 25 *m* de distance de la Seine, sur une longueur parallèle de 900 *m*. Le volume d'eau s'écoulant dans la galerie est de 300 *l* par seconde. Quatre pompes puissantes installées avec leurs machineries et leurs générateurs dans un bâtiment spécial refoulent dans un réservoir couvert, construit au flanc de la montagne, à une hauteur de 20 *m*, un volume d'eau qui peut être évalué à 25 ou 28 000 m^3 par vingt-quatre heures, qui se rend à l'usine par une conduite de 60.

Cette eau superbe, donnant 19° à l'hydrotymètre, assure et au delà les besoins de la papeterie d'Essonnes.

Elle renferme 40 bactéries par 100 m^3, alors que l'eau de la Seine, le

long du bord, fournit 12 000 bactéries: on nous a dit que la Dhuis en fournissait 200, la Vanne 350, et l'Avre 1 600.

Le résultat constaté par MM. les Ingénieurs de la Ville et par M. Humblot est merveilleux. Il est certain que si l'on voulait développer les travaux de captage sur ce point, on pourrait facilement arriver à 50 000 m^3 d'eau pure par vingt-quatre heures, plus qu'il n'en faudrait pour alimenter un camp retranché sur Paris.

A Essonnes, l'eau ne provient pas de la Seine, qui l'enverrait dans le drainage Darblay par infiltrations dans les alluvions latérales : cette eau provient des bassins des deux rivières d'Essonnes et de la Juine (vallée d'Étampes), lesquelles, constituant de vrais drains, se réunissent à Ballancourt, pour rejoindre en partie, souterrainement, les alluvions de la Seine, à Essonnes, aux abords de Corbeil.

Dans les parties traversées par les deux rivières en question, les sables de Fontainebleau sont très développés ; les marnes, ainsi que les calcaires de Brie sous-jacents, sont aussi très régulièrement assis sur les marnes du calcaire grossier ; il en résulte que ces deux étages, absolument perméables, alimentent les rivières précitées d'eaux pures et abondantes qui s'écoulent à travers les sables et constituent les sources qu'on retrouve à Essonnes.

Entre Corbeil et Paris, où l'on serait heureux de trouver une réserve abondante d'eaux pures similaires, la situation géologique et hydrologique n'est plus la même. La vallée se trouve en plein dans les marnes du gypse et les calcaires grossiers, jusqu'à la craie. Les eaux y sont fort peu abondantes et la présence dans ces eaux des sels calcaires, provenant de l'étage des gypses et des calcaires grossiers souvent gypseux eux-mêmes, rend ces eaux absolument impotables.

Mais, aux abords d'Essonnes, n'y aurait-il pas lieu d'organiser, dans les conditions indiquées par M. Darblay, un captage d'eau pure considérable? Essonnes n'est éloignée de Paris que d'une trentaine de kilomètres. La question certainement mérite d'être étudiée. Quant à présent M. le Président engage les membres de la Société à aller examiner à Essonnes la belle installation de M. Darblay, où ils seront très gracieusement accueillis.

M. Deligny dit que les galeries filtrantes de Lyon, de Toulouse et des autres villes qui en possèdent ne servent pas à filtrer; elles servent simplement à l'adduction des eaux d'une nappe aquifère qui borde le fleuve, mais dont l'analyse est toute différente de celle de la rivière.

M. Trélat fait remarquer que les travaux de Belgrand avaient fait déjà connaître l'existence de nappes d'eau abondantes dans les sables dits de Fontainebleau aux abords de Corbeil et même de Marly.

Mais ces eaux ne seraient pas plus pures que les eaux purifiées de la plaine de Gennevilliers.

Un Membre : avec cette différence que cette dernière porte 40° hydrotimétriques.

M. Ed. Coignet fait observer que l'on a dit que l'eau de Gennevilliers

est potable au seul point de vue des bactéries, mais il est évident qu'elle contient des sels en dissolution.

M. Jousselin répond qu'il n'y a aucune assimilation possible entre les eaux de Gennevilliers, qui ne seront jamais potables, quoi qu'on dise, et les eaux d'Essonnes : celles-ci donnent 19° à l'hydrotymètre, tandis que les eaux de Gennevilliers donnent 42°, ce qui les rend absolument impropres à l'alimentation.

Mais M. Jousselin a tenu surtout à signaler que, grâce aux remarquables recherches de M. Paul Darblay, on pouvait disposer d'un volume considérable d'eau potable à 30 kilomètres de Paris, cas absolument exceptionnel et qui présente une solution économique d'adduction d'eaux pures à Paris, alors que jusqu'à ce jour on est allé chercher ces eaux au loin !

M. Badois a la parole et défend par une argumentation très serrée les différents points attaqués de sa communication qui se trouve au dossier et dont voici le résumé :

Il déclare tout d'abord qu'il est loin d'être hostile au projet de loi pour l'emploi de 117 millions aux travaux d'assainissement de Paris ; il espère même que ce n'est qu'un premier crédit qui sera suivi d'autres.

Il proteste en second lieu contre l'accusation d'être l'adversaire du système d'épuration par le sol, opinion qu'on lui a prêtée contrairement à celle que manifeste la lecture attentive de sa communication. Il croit seulement que cette épuration à Paris n'est pas *bien appliquée pratiquement*, qu'elle est trop intensive et ne produira pas alors les bons effets qu'on en attend. Il pense que pour l'assainissement complet qu'il désire, il faudrait quintupler au moins les surfaces d'épandage prévues. Il croit en outre qu'il faut séparer des eaux d'égout les eaux ménagères et chargées de vidanges et les transporter en conduits fermés jusqu'aux terrains d'épandage. Et enfin qu'il est nécessaire d'amener de grandes masses d'eau pure pour l'alimentation.

En ce qui concerne la séparation des eaux ménagères et des vidanges, M. Chardon a fait valoir des considérations très judicieuses pour justifier ce système. Le siphon anglais n'est pas la panacée universelle en matière d'hygiène, il s'engorge tout autant que l'appareil employé à Levallois-Perret, mais il se dégage alors moins facilement.

M. Fleury a pensé aussi que la conduite fermée et séparée s'impose pour recueillir les produits des chutes des petits égouts. Malheureusement, au lieu d'envoyer directement à des champs d'épandage périphériques ces eaux ménagères et de vidanges qu'il tient si bien enfermées, M. Fleury les rejette au collecteur, ce qui ne parait ni rationnel ni d'une bonne combinaison économique et hygiénique, et ne s'expliquerait pas, car ces matières auraient ainsi à faire inutilement un trajet double et triple pour descendre jusqu'à Asnières et être renvoyées ensuite jusqu'à Achères.

M. Hersent, l'un de nos anciens Présidents, soutient chaleureusement la canalisation fermée et séparée et la conduirait au besoin par un tracé qu'il indique, jusque vers le marais Vernier s'il le fallait, pour que sur le parcours ces eaux fussent utilisées en entier par les agriculteurs.

L'idée de la séparation trouve donc d'assez nombreux défenseurs, l'orateur pense que le temps l'imposera et qu'on ne peut pas dire, comme certaines personnes, que c'est vouloir détruire le principe fondamental de l'assainissement que de songer à ne pas jeter les matières de vidanges dans les égouts.

Ces eaux et ces matières seront en principe épandues comme engrais riche sur le sol. On ne peut cependant pas prédire qu'une découverte nouvelle n'apportera pas un procédé pratique pour transformer ces matières en engrais transportables. Il faut laisser la porte ouverte au progrès.

M. Badois examine ensuite la question des surfaces d'épandage nécessaires pour obtenir une bonne épuration des eaux d'égout et une bonne utilisation en agriculture. Suivant lui, ces deux questions, épuration et utilisation agricole, constituent un seul et même problème à résoudre, contrairement aux errements que parait suivre la Ville de Paris, qui tendent à épurer strictement les eaux d'égouts, sans se préoccuper de la solution complète du problème de leur utilisation agricole complète. M. Rouna, dans un travail publié dans nos Bulletins en 1873 et qui a obtenu la médaille d'or de la Société, a déjà traité cette question très savamment.

Si l'on veut faire de l'utilisation agricole efficace, il faut réduire l'épandage à 12 000 ou 13 000 *m*³, d'après M. Périssé, à moins encore, 8 000 *m*³ seulement, suivant M. Badois, par hectare et par an.

Berlin, que l'on cite souvent, verse ses 60 000 000 *m*³ annuels d'eaux d'égouts sur des champs de 7 800 *ha* de superficie, ce qui conduit à 7 700 *m*³ par hectare.

La loi d'assainissement de 1889 a limité à 40 000 *m*³ par hectare et par an l'épandage à opérer, avec la condition que le terrain soit cultivé.

M. Badois veut démontrer que ce chiffre est encore trop élevé :

1° En considérant l'*eau* dont la terre a besoin pour produire les récoltes, l'excédent étant inutile sinon nuisible ;

2° En considérant la quantité d'*engrais* qu'on peut efficacement lui confier pour une culture intensive, et au delà de laquelle on perd et gaspille inutilement les éléments fertilisants.

Pour la première considération, des renseignements très précieux se trouvent dans l'ouvrage remarquable de M. Aymard, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sur les *Irrigations du Midi de l'Espagne (1863)*. L'eau que ces irrigations absorbent en moyenne par hectare et par an, varie de 6 000 *m*³ à 12 000 *m*³, depuis plusieurs siècles, et pour les cultures les plus riches et les plus diverses. On procède par des arrosages de 500 à 600 *m*³ par hectare chaque fois espacés tous les dix ou quinze jours. Le climat est très chaud et sec ; l'évaporation enlève une partie de l'eau quelquefois jusque moitié.

On peut donc en conclure qu'en France, pays plus humide et moins chaud, un apport de 8 000 *m*³ d'eau par hectare et par an est inutile.

Pour la seconde considération, on peut se baser sur l'emploi des fumiers de ferme fait dans les cultures les plus intensives du département du Nord, au maximum de 40 000 *kg* par hectare. Durand-Claye,

dans plusieurs rapports, établit que 130 ou 140 *l* des eaux d'égout traitées à Gennevilliers équivalent comme engrais à 1 *kg* de fumier de ferme. La fumure du Nord correspondrait donc à l'emploi de 5 600 m^3 de cette eau d'égout, et si l'on en déverse plus de 6 000 à 8 000 m^3, selon la composition, le surplus sera perdu pour l'utilisation agricole ; on saturera d'azote l'eau qui filtre sans produire aucun effet meilleur. C'est pourquoi à Gennevilliers l'eau du drain titre 40° à l'hydrotymètre à cause des nitrates en excès qui s'écoulent à la Seine en pure perte.

Au taux de 8 000 m^3 par hectare et par an, il faudrait pour les 600 000 m^3 journaliers d'eaux d'égout que fournira Paris, 27 000 *ha* de surface d'épandage et non pas 4 000 *ha* indiqués par M. Trélat.

M. Badois trouve dans les considérations économiques une autre manière de prouver la nécessité de cette même surface d'épandage. La valeur locative des terrains de Gennevilliers s'est augmentée de 300 *f* par hectare. En comptant autant pour le propriétaire et pour le locataire, c'est 600 *f* de plus-value annuelle donnée à la terre par l'irrigation à l'eau d'égout. Pour les 4 000 *ha* projetés, cela fait 2 400 000 *f*. Mais la valeur des engrais contenus dans les eaux parisiennes est de 15 à 16 millions de francs, M. Périssé l'a démontré ; ce chiffre ressort aussi des rapports de Durand-Claye et d'Alphand. On perdrait donc de cet engrais pour 12 600 000 *f* par an qui pourraient être sagement utilisés sur 21 000 *ha* de plus que les 4 000 prévus. C'est un capital inutilisé de 300 millions de francs. En présence de ce résultat, M. Badois ne croit pas que la Ville de Paris puisse prétendre qu'elle n'a que l'obligation d'épurer ses eaux d'égout et non celle de les utiliser réellement ; elle priverait ainsi les campagnes d'un produit fertilisant, sans en tirer elle-même le profit qu'elle pourrait. Il conclut, au contraire, qu'il faut utiliser complètement ce produit pour l'agriculture, et que, pour cela, il faut prévoir de 25 000 à 30 000 *ha* de terrains d'épandage.

M. Badois aborde ensuite la question d'alimentation d'eau et constate que tous les orateurs ont été à peu près d'accord qu'il faut à Paris et à la banlieue beaucoup plus d'eau, et qu'il serait désirable que toute l'eau distribuée fût de l'eau pure. On peut dire, suivant lui, qu'il faut dès à présent prévoir le doublement de l'alimentation actuelle.

Or, suivant l'orateur, tous les moyens de se procurer cette eau supplémentaire, même en Seine, étant examinés, font revenir l'eau plus chère que celle amenée du Léman par le projet de M. Duvillard. Il n'est donc pas douteux que dès son apparition cette eau remplacerait immédiatement les eaux dites de rivières, car l'opinion publique l'imposerait.

Les eaux de sources actuelles seraient bien entendu conservées et concourraient avec celles du lac Léman à tous les usages. Les canalisations actuelles d'eaux de rivières y serviront et débiteront davantage en raison de l'altitude et de la pression bien plus élevées des nouvelles eaux ; il n'y aura pas besoin d'un grand bouleversement des canalisations, ni de grandes dépenses pour cela, comme le craint M. Herscher.

M. Badois répond aux autres objections faites au cours de la présente discussion au projet d'adduction en question :

1° *Dérivation très longue et unique*, ce qui est un danger surtout en

temps de guerre. — Paris ayant encore les autres aqueducs, au cas où celui du Léman serait coupé, ne serait pas privé d'eau, mais seulement rationné ; d'ailleurs la crainte de la guerre n'est pas suffisante pour arrêter l'exécution d'une œuvre de paix ; les Romains, même en guerre, construisaient des aqueducs en terrain ennemi ou conquis. D'autre part, le projet comporte deux lignes pour les siphons, et des réserves importantes échelonnées aux points propices sur le parcours, enfin des sectionnements pour faciliter l'entretien et les réparations.

2° *Difficultés internationales possibles.* — Elles ne sont pas à redouter : La France a un rivage étendu sur le lac Léman, correspondant à une surface versante de 1 450 km^2, le quart environ de la surface versante totale ; il en résulte pour elle le droit de prendre sa part des eaux. Si ce droit était contesté, les chancelleries devraient le faire respecter, et cela tant que la nation française existera.

La prise de 24 m^3 par seconde ne fera pas varier sensiblement le niveau du lac comme le craint M. Guéroult, puisque l'exutoire débite en étiage d'hiver près de 100 m^3 et en été plus de 700 m^3 par seconde.

En admettant même que pendant un mois entier, il n'arrivât aucune eau dans le lac, ni par pluie, ni par fonte de neige, le niveau ne baisserait pas plus de 0,10 *m*.

3° *Qualité des eaux.* — On redoute que les eaux du Léman n'amènent le tænia, comme on redoutait que Belgrand n'amenât le goître avec les eaux de la Champagne. Or il n'y a ni à Lyon ni à Genève, qui s'abreuvent des eaux du Léman, aucune épidémie spéciale de vers solitaires. Si, comme on dit, pour y échapper, les Genevois puisent l'eau dans le courant du Rhône qui ne se mélange pas aux eaux du lac, qui empêche, si cela est vrai, de faire comme eux et de puiser dans le même courant du Rhône On prétend aussi que Lausanne délaisse l'eau du lac, parce qu'elle est mauvaise, pour s'alimenter par la montagne. Ce doit être tout simplement parce qu'il faudrait élever l'eau du lac avec des machines, tandis que celles de la montagne descendent toutes seules en se rendant au lac. Ces craintes et ces objections ne peuvent rien, dit l'orateur, contre les nombreuses analyses dues à des savants compétents ni contre l'usage qui prouvent l'excellence de cette eau, meilleure que l'eau de la Vanne, et qui, puisée à 35 ou 40 *m* de profondeur, aurait une température à peu près constante et serait indemne de toutes les impuretés de la surface.

4° *Difficultés d'exécution des projets.* — Aucun membre n'a relevé de difficultés spéciales pour les souterrains, viaducs, ou autres parties de l'aqueduc. Ce sont d'ailleurs des travaux très courants maintenant. Seul M. Guéroult trouve difficile la prise d'eau à établir à 400 *m* du bord et à 35 *m* de profondeur. Il craint aussi que les tuyaux des siphons de 3 *m* de diamètre, 8 *m* de longueur et pesant 19 *t* ne soient d'une manutention difficile. Et pourtant plusieurs de nos collègues se sont illustrés par l'exécution de travaux hydrauliques d'une toute autre importance. Ces difficultés ne sont pas plus à craindre que celle de l'exécution des joints de 3 *m* de diamètre. C'est une simple question d'outillage.

5° *Question financière.* — Les bases d'évaluation du projet de M. Duvillard n'ont pas été discutées dans le présent débat. Le gros chiffre de la dépense a seulement donné lieu à des critiques peu définies. Cependant M. Guéroult a cité un chiffre qui rendrait l'opération difficile, puisque, suivant lui, la vente d'eau dans Paris et la banlieue ne serait que de 17 millions de francs, produit minime pour rémunérer un capital de 500 millions. Or, ce chiffre ne représente nullement la clientèle des eaux distribuées à l'agglomération de Paris et de la banlieue; il ne comprend que les ventes d'eau réalisées par la Compagnie générale des Eaux de Paris. Mais il y a, en outre, la Compagnie de Suresnes, celle de Versailles et d'autres Compagnies autour de Paris qui seraient tributaires des Eaux du Léman et qui représentent une recette annuelle à ajouter de 3 millions de francs au moins. De plus, la Compagnie des Eaux de Paris n'est que Régisseur de la Ville et ne perçoit rien pour les établissements nombreux de la Ville, hospitaliers ou autres, non plus que pour les 500 000 m^3 journaliers des services publics. La valeur de ces eaux pour lesquelles la Ville fait toutes les dépenses est d'au moins 10 millions de francs à ajouter encore.

Le service de banlieue est en plein développement et la Compagnie générale des Eaux fait un emprunt en obligations de 20 000 000 *f* pour y faire face, il est donc certain que le produit s'augmentera avant peu d'au moins deux millions de francs.

A Paris un tiers des maisons ne sont pas abonnées et on suspend l'exécution des règlements de salubrité parce qu'on manque d'eau. On peut évaluer à 3 ou 4 millions l'effet de ces règlements qui peuvent être rendus exécutoires d'un moment à l'autre.

La clientèle immédiate ou très prochaine à Paris et environs représente donc un produit de 35 ou 36 millions de francs, double de celui indiqué par M. Guéroult.

Mais le Léman aura encore pour clientèle les villes et territoires rencontrés par la dérivation, les plateaux du Loiret et de la Beauce, où l'eau fait défaut; les canaux traversés par le tracé et qui en manquent souvent: canaux du Centre, du Berry, du Nivernais, latéral à la Loire, du Loing. Comme l'a dit M. Périssé, c'est une adduction d'eau non seulement parisienne, mais nationale, la clientèle ne lui manquera pas.

M. Badois veut préciser la question financière à laquelle il ne faut pas se dérober.

On a sollicité l'examen des évaluations de M. Duvillard, de personnes éclairées et compétentes qui ont bien voulu répondre à cet appel. Il résulte de leurs observations qu'en tenant compte de toutes les conditions défavorables possibles et des imprévus et aléas, le capital à prévoir, pour calculer largement, serait de 550 000 000 *f*.

L'intérêt annuel à 4 1/2 0/0 (moyenne des actions et obligations), l'amortissement en 99 ans et les frais d'exploitation forment 27 500 000 *f*, somme qui serait couverte par une vente d'eau de 392 857 000 m^3 par an, au prix moyen de 0,07 *f* le mètre cube, rendu dans les réservoirs; soit, par jour, 1 076 000 m^3. La prise d'eau de 24 m^3 par seconde représentant par jour 2 073 600 m^3, il resterait disponible pour les bénéfices et dividendes 997 600 m^3 par jour ou par an 360 000 000 m^3 qui, à 0,07 *f*,

fourniraient 25 000 000 *f* par an. L'affaire parait donc saine au point de vue financier comme elle l'est au point de vue du bien public à réaliser.

M. Badois démontre par des chiffres que la consommation journalière de 1 076 000 m^3 sera atteinte à très bref délai à Paris et dans la banlieue, y compris Versailles, et il termine en disant que lorsqu'on amène une plus grande quantité d'eau pure en la délivrant à un moindre prix, on constate toujours et constamment un développement considérable de la consommation qui compense et bien au delà l'abaissement du prix, de telle sorte que la totalité du produit croît sans cesse.

L'ensemble de ces dernières observations lui semble résoudre et préciser la question financière. Et, pour sa part, il serait heureux de voir s'exécuter ce projet : le plus tôt sera le mieux.

M. le Président remercie M. Badois du complément qu'il vient de présenter à sa communication et donne la parole à M. Vauthier.

M. Vauthier, s'appuyant tout spécialement sur les faits et raisonnements développés par lui, dans un rapport du 23 septembre 1885, sanctionné par la *Commission supérieure de l'assainissement de Paris*, — rapport dont il dépose un exemplaire sur le bureau, en même temps qu'un exemplaire d'une note de M. Adolphe Carnot de juin 1885, sur le même objet, — critique très vivement le projet d'adduction de 24 m^3 d'eau du Léman, aussi inutile, selon lui, qu'il est gigantesque, et montre, au contraire, la pleine rationnalité du système d'assainissement urbain adopté par la Ville de Paris, système dont l'application n'est pas à l'abri de critiques de détail, mais sur lequel on en a fait peser de tout à fait injustifiées, et à propos duquel le seul tort grave est d'avoir trop longtemps atermoyé, comme si l'on eût craint d'envisager carrément la question en face, avec ses dépenses de premier établissement et de fonctionnement qui seront considérables.

Les yeux sont ouverts aujourd'hui, dit M. Vauthier, en terminant. La Ville a compris son devoir. Elle se prépare à s'imposer de lourds sacrifices. Les pouvoirs législatifs sont saisis. Le moment ne parait pas mieux choisi pour créer dans quelques esprits, avec l'eau du Léman, des illusions pouvant devenir des obstacles, qu'il ne le serait, à propos des eaux polluées, de réveiller l'étrange conception du canal à la mer, repoussée par notre collègue comme par nous.

Le travail d'assainissement marche. Il est en bonne voie. Il y faudra peut-être un effort plus grand encore qu'on ne calcule. Faisons tout pour activer ce travail. Ne faisons rien qui puisse l'entraver.

M. le Président remercie M. Vauthier de son intéressante communication, dont le manuscrit, comme ceux de nos autres collègues qui ont pris la parole dans la discussion, sera joint au dossier considérable formé sur cette question et qui est à la disposition de tous les membres de la Société, dans nos archives.

M. Deligny rappelle que le projet de M. Duvillard a un précurseur, celui de M. Ritter, qui voulait amener les eaux du lac de Neuchâtel ; ces projets se ressemblent par beaucoup de points; cependant celui de M. Ritter, était beaucoup plus important et n'avait pas contre lui l'op-

position certaine de toute la vallée du Rhône dont les habitants se sont toujours opposés à la prise de 18 m^3 pour l'irrigation.

Eh bien, ces quantités d'eau considérables sont inutiles, car le maximum, constaté dans diverses maisons, nécessaire au *tout à l'égout* est de 18 *l* par habitant et par jour, ce qui représente pour tout Paris une augmentation de 40 000 m^3.

D'autre part, les usines qui ont voulu traiter les matières de vidange se sont toutes ruinées, même en n'utilisant que les plus riches. L'utilisation agricole est donc la seule pratique.

Au point de vue de la consommation d'eau, on a constaté à Londres qu'elle est de 104 *l* par jour et par habitant au maximum; la ville de Paris a donc assez de ses sources et ne consentira jamais à dépenser 500 millions pour amener une eau dont elle n'a pas besoin.

M. Trélat, avant la clôture del a discussion, répète qu'il ne peut admettre l'argumentation de MM. Badois et Duvillard, tout en acceptant leur idée d'amener beaucoup d'eau à Paris, mais il ne faut pas entraver l'œuvre du *tout à l'égout* telle qu'elle est commencée, et qu'il l'a exposée ainsi que M. Périssé et M. Vauthier.

M. Decaux, empêché, vu l'heure avancée, de prendre part à la discussion, présente les observations suivantes :

De 1862 à 1869, faisant partie du Conseil ou de la Commission municipale de Paris, il a pu étudier, avec Dumas et Pelouze, les questions de salubrité de la capitale. Il avait lui-même étudié, en 1868, un projet qui, suivant lui, en présence de la question du *tout à l'égout,* offre une certaine actualité.

La première préoccupation des municipalités des grandes villes a toujours été de se débarrasser des résidus organiques putrides, fermentescibles et délétères, qui trop souvent se sont accumulés en monceaux ou lacs infects dans leur voisinage, par suite des difficultés des transports.

Les rivières furent les moyens les plus simples et les plus naturels; puis, pour Paris, la voirie de Montfaucon, qui fut transportée à Bondy il y a moins d'un demi-siècle, ne résolut pas la question, qui embarrasse encore l'Administration.

Des améliorations notables furent cependant récemment introduites. Les fosses étanches, les sièges à fermeture hydraulique, les ventilateurs, les fosses mobiles, les désinfectants, les diviseurs, enfin l'écoulement dans les égouts, dit *tout à l'égout*, a semblé le moyen le plus perfectionné et définitif.

Cependant, depuis qu'il est pratiqué à Paris dans une *faible proportion*, des plaintes renouvelées chaque été ont fait craindre avec raison que, s'il l'était entièrement, les émanations pestilentielles par les bouches des égouts et l'infection de la Seine ne rendissent la ville inhabitable et ne transformassent le fleuve en un vaste égout à ciel ouvert, surtout en été.

Dès lors on a pensé à — ce qui après la salubrité de la ville aurait dû être le second objectif de cette importante question — rendre à l'agriculture qui nourrit les villes, les riches fumiers de celles-ci, et ne pas perdre de vue l'axiome que je formule ainsi : « La France doit être

considérée comme une grande ferme, dont les villes représentent les étables, écuries et bergeries, où sont consommées les matières les plus riches de la production du sol : la viande, le pain, le vin, le lait, le beurre, le fromage, les œufs, l'huile, le sucre, etc., etc., que les fumiers qui en résultent ont la plus grande puissance fertilisante, et qu'une ferme qui jetterait ses fumiers à l'eau sans les restituer au sol, serait ruinée en peu d'années. »

Alors on chercha à concilier la salubrité des villes et des fleuves dont la pisciculture se détruisait, avec les besoins impérieux de l'agriculture. On dilua l'engrais humain dans d'énormes volumes d'eau, qui semblent insuffisants aujourd'hui, car on propose d'amener encore à grands frais des fleuves d'eau qui n'est jamais assez pure pour laver nos rues et nos égouts, comme si l'eau de la Seine et de l'Ourcq n'était pas suffisante, et après avoir infecté ces eaux pures on en est embarrassé, et on cherche de grands espaces pour les absorber, et soi-disant les épurer, dans des sables siliceux, pour les rendre ensuite, par infiltration, aux sources, aux puits et aux rivières, dans lesquels elles apportent des matières organiques solubles, susceptibles de fermenter encore à l'air, puis les sels de potasse, de soude, d'ammoniaque, etc., qui sont loin d'améliorer la pureté des cours d'eau. Les poissons s'en apercevront et chercheront des eaux que les municipalités n'auront pas corrompues.

Les terrains calcaires, seuls, arrêtent *pendant un temps* les matières organiques solubles, s'en saturent, puis s'oblitèrent promptement comme les sables eux-mêmes, et ces terres colmatées deviennent, en séchant avant d'être cultivées, des foyers d'émanations pestilentiels, de nouveaux marais pontins.

Gennevilliers n'est qu'une expérience minuscule, noyée dans de grands espaces atmosphériques, qui en dissimulent la nocuité.

Enfin, quelle grande dépense pour un budget déjà si chargé. Apport dispendieux d'eaux pures à salir, espaces considérables à acquérir, pour les absorber, sans compter les protestations énergiques des voisins, et l'hygiène des campagnes dont les villes ne s'occupent pas.

Voilà en peu de mots la condamnation de la plupart des projets d'adduction de nouvelles eaux, sous prétexte de salubrité.

Il faudrait se contenter, pour la consommation des eaux pures que nous possédons, de restituer intégralement et en nature à l'agriculture le fumier humain, capté par le système Berlier-Chardon ou analogue ; de l'envoyer, par conduites parallèles, aux voies ferrées, par des machines d'aspiration dans des citernes dont la première à 25 ou 30 *km* de Paris, au delà de la zone de fertilisation des gadoues parisiennes emportées chaque jour par les maraîchers. La seconde citerne, puis la troisième, etc., de 15 en 15 *km* plus éloignées.

De mettre gratis cet engrais pendant trois ans à la disposition des cultivateurs voisins de ces dépôts, puis après constatation de son efficacité agricole, le leur vendre ensuite, pour amortir ainsi les frais d'installation. L'engrais flamand (vidange) employé de temps immémorial aux environs de Lille, a fait la fortune de cette contrée et affirmé pratiquement sa valeur.

Ce projet présente en outre ce grand avantage de pouvoir être réalisé

d'abord en petit, avec 2 ou 3 millions environ de dépenses, pour être développé en formant un réseau fertilisant, plus ou moins étendu, rayonnant autour des grandes villes de France.

L'emploi des bateaux-citernes qui descendent aujourd'hui la Seine pourrait être maintenu et Paris, ainsi complètement assaini, justifierait son titre de capitale du monde civilisé.

M. Périssé fait connaître à la Société que le jury d'expropriation de Seine-et-Oise, sur la liste duquel il est inscrit, a alloué hier, pour une simple parcelle de terre à Achères, le chiffre fantastique de 10 millions de francs à son propriétaire ; il a voulu ainsi protester contre l'épandage des eaux d'égout, c'est-à-dire contre une opération qui aura précisément pour résultat de faire cesser la pollution du fleuve dont le département de Seine-et-Oise se plaint depuis longtemps. M. Périssé regrette de n'avoir pas siégé dans la session actuelle, car il aurait pu renseigner ses collègues mal informés.

Ce fait démontre que le public ne connait pas la question ; et M. Périssé exprime le vœu que nos *Bulletins* gardent la trace de ce qui s'est dit dans cette enceinte sur l'importante question qui vient d'être discutée ; et il exprime en outre le vœu qu'un ou plusieurs résumés soient établis par nos secrétaires, résumés de nature à pouvoir être reproduits par la presse.

M. le Président remercie tous ceux qui ont pris part à cette discussion et en particulier MM. Duvillard et Badois qui lui ont donné naissance, ainsi que M. Trélat qui y a apporté le concours de sa haute compétence ; puis, d'accord avec l'Assemblée, il déclare close la discussion sur le *Tout à l'égout*.

La séance est levée à onze heures quarante-cinq.

Séance du 21 juillet 1893.

Présidence de M. L. Appert, Vice-Président

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

En ouvrant la séance, M. Léon Appert, Vice-Président, dit qu'il saisit avec plaisir l'occasion que lui a offerte M. le Président en lui demandant de le remplacer aujourd'hui, pour remercier les membres de la Société de l'honneur qu'ils lui ont fait en l'appelant à faire partie du Bureau comme Vice-Président; il apprécie toute la valeur de cette marque d'estime de leur part et leur en est sincèrement reconnaissant.

M. le Président a reçu de M. Hallopeau une lettre par laquelle il le prie de vouloir bien remplacer les mots « service municipal » par « ser-

vice vicinal » au commencement de la page 224 du procès-verbal de la séance du 23 juin.

Sous cette réserve, le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que plusieurs de nos collègues ont été l'objet de distinctions honorifiques importantes.

Dans l'ordre de la Légion d'honneur :

M. Janssen, membre honoraire, a été nommé commandeur;

M. Jules Rueff, officier;

MM. Paul Carié et Félix Gain, chevaliers.

M. Bergeron a été nommé officier d'Académie;

M. A.-H. Courtois, officier du Dragon d'Annam; il a, en outre, reçu du Kim-Luoc, vice-roi du Tonkin, un brevet de Kim-Khanh de 2e classe, à l'occasion de l'installation de la fabrique d'allumettes d'Hanoï.

A ce sujet, M. Courtois nous rappelle que, depuis 1879, il a été nommé mandarin de 5e rang, pour services rendus dans l'arsenal de Fou-Tchéou. M. le Président ajoute que la distinction de Kim-Khanh a une très grande importance, car elle permet à celui qui en est l'objet de voyager dans tout le Tonkin non seulement d'une façon gratuite, mais, de plus, avec l'appui et la protection des autorités du pays.

M. le Président dépose ensuite la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, parmi lesquels se trouve le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, qui nous avait été signalé par M. A. Brüll, lors de sa dernière communication; il est accompagné d'une lettre du Président de cette Société, qui nous demande de prêter notre concours à l'étude de la question de l'unification des filetages et des jauges de tréfilerie.

M. le Président signale l'abandon par M. Ed. Coignet de quatre Bons de notre emprunt de l'Exposition de 1889, et le remercie de cette générosité.

Il a été également reçu de M. le Dr Pierre-Louis Dunant, gendre de notre regretté collègue Colladon, une lettre dans laquelle il nous transmet un don de 1 000 *f*, inscrit au testament de son beau-père.

La Société remercie le docteur Dunant et reçoit avec reconnaissance ce dernier gage de l'attachement que l'illustre Ingénieur avait pour elle.

Notre collègue M. Delachanal nous avise que l'Exposition d'hygiène du Havre s'ouvrira le 12 août prochain.

A la même époque auront lieu des expériences de désinfection par le système Lhermite qui présenteront un grand intérêt; notre collègue nous tiendra au courant des résultats.

La parole est à M. L. Hubou pour sa communication sur *la Comparaison des systèmes d'enclenchements des appareils de la voie*, qui sera reproduite *in extenso* au *Bulletin*.

M. Hubou rappelle qu'en principe les appareils d'enclenchement sont destinés à assurer la sécurité des trains partout où il peut se produire une solution de continuité dans la voie ou se rencontrer à la fois deux trains convergents. Ils sont utilisés notamment aux bifurcations et dans les gares importantes.

Aux bifurcations, les enclenchements sont tels qu'un signal carré d'arrêt absolu ne peut être mis à l'arrêt que quand le disque avancé a été d'abord lui-même mis à l'arrêt, et il ne peut être mis à voie libre que quand le disque avancé a été mis à l'arrêt. Aux gares, ce signal carré doit être ouvert d'abord pour que le disque avancé puisse aussi l'être à son tour.

Le principe de tout système d'enclenchement « Interlocking-System » consiste à solidariser les leviers d'aiguilles et les leviers de signaux, de manière qu'il soit impossible aux agents qui les manœuvrent de placer les appareils correspondants dans des positions incompatibles.

Ces enclenchements peuvent être réalisés :

1° Par des moyens mécaniques ;
2° Par l'action de l'eau sous pression ;
3° — de l'air comprimé ;
4° — des courants électriques.

Les enclenchements purement mécaniques consistent à grouper en un poste central les leviers qui doivent être solidarisés et à en effectuer la manœuvre par transmission rigide ou funiculaire.

Pour un nombre restreint de leviers, on emploie le système Vignier dans lequel certains leviers pénètrent dans des trous pratiqués sur des tiges d'autres leviers. Quand le nombre de ceux-ci doit être supérieur à vingt, l'appareil nécessite des arbres à verrou trop longs qui peuvent être faussés, puisqu'ils sont mis directement en mouvement par les leviers.

On emploie alors le système Saxby qui, quel que soit le nombre des leviers enclenchés, ne présente pas l'inconvénient précédent. L'organe essentiel de ce système est le verrou mobile à ressort dont la tige se manœuvre en même temps que le levier ; la simple pression de la main sur la poignée du verrou fait basculer la coulisse, tourner le gril correspondant et déplacer la barre d'enclenchement qui immobilise par ses taquets les grils des leviers correspondants, et ceux-ci ne sont rendus libres que quand la manœuvre du levier enclencheur est terminée.

Dans les deux systèmes précédents, les leviers sont nécessairement concentrés dans des postes, parallèlement entre eux et à une faible distance les uns des autres ; on ne peut donner une trop grande longueur aux barres d'enclenchement qui sont animées d'un mouvement alternatif correspondant aux passages de la position normale à la position renversée et inversement ; cette concentration des leviers est souvent difficile, sinon impossible à réaliser.

D'autre part, dans une même gare, il y a lieu souvent d'enclencher à distance certains leviers qui ne doivent être manœuvrés qu'avec l'autorisation expresse d'autres postes placés en des points éloignés des précédents ; tel serait, par exemple, le cas de deux disques normalement à l'arrêt ou celui de l'enclenchement à distance d'aiguilles manœuvrées par des leviers placés à proximité des lames. On résout ces questions mécaniquement au moyen des appareils désengageurs, de la serrure Annett, des balanciers de sûreté, etc.

Les transmissions mécaniques sont soumises aux variations de la

température qui ne sont pas négligeables, puisqu'une tringle de fer de 300 *m*, distance maxima à laquelle la manœuvre puisse s'effectuer, subit, pour une variation de 12 degrés, une variation de longueur de 0,044 *m* ; on cherche à en obtenir le réglage automatique au moyen de compensateurs.

En outre, si une rupture fortuite des tiges se produisait, le renversement du levier dans la cabine réaliserait bien les effets nécessaires à la table d'enclenchement, mais la position des aiguilles ne serait pas conforme à la manœuvre effectuée.

Enfin, la manœuvre à distance des appareils au moyen de ces transmissions mécaniques exige parfois de grands efforts de la part des signaleurs dont la fatigue croît avec le nombre des leviers.

On donne au problème des enclenchements une solution qui paraît en même temps plus satisfaisante en employant l'eau sous pression, l'air comprimé, le courant électrique.

Sans parler des transmissions pneumatiques qui ne sont encore qu'à l'état d'essai en Amérique, les transmissions hydrauliques doivent tout d'abord être citées et l'on peut prendre comme exemple l'appareil Bianchi et Servettaz. Cet appareil est employé en Italie sur une assez vaste échelle et il a reçu en France plusieurs applications aux Compagnies de Lyon, d'Orléans et du Midi. Il permet de reculer à 3 *km*, au lieu de 300 *m*, la distance à laquelle on peut manœuvrer directement les aiguilles tout en conservant la sécurité absolue de leur fonctionnement ; il n'exige pas de compensateur pour les variations de température ; il réduit au minimum l'effort de la manœuvre, puisque les opérations se bornent au déplacement du tiroir des distributeurs de l'eau sous pression ; il débarrasse la voie des transmissions rigides ou funiculaires qui l'encombrent et sont souvent dangereuses même pour les agents des gares ; il donne enfin un contrôle automatique des opérations qui prend son origine sur l'aiguille elle-même, contrôle réel et impératif sans lequel ne peut se terminer la manœuvre, c'est-à-dire les enclenchements en cabine.

L'emploi de l'eau sous pression est donc une solution des plus séduisantes, à la condition de maintenir la pression constante au moyen d'un accumulateur, d'éviter les fuites et de se servir d'eau bien propre.

Le courant électrique permet également de résoudre le plus simplement possible toutes les questions d'enclenchement. Il est surtout avantageux pour enclencher entre eux des leviers isolés ou placés en des points éloignés les uns des autres.

Au moyen d'un contrôleur Chaperon placé aux deux pointes d'une aiguille, on peut enclencher le signal qui la protège. On se sert également de verrous électriques. Toutes les aiguilles situées sur le parcours des trains étant munies de verrous électriques placés dans le même circuit, les signaux ne peuvent être mis à voie libre que lorsque toutes ces aiguilles ont été verrouillées dans la position normale, car c'est seulement dans ce cas que tous les contacts sont établis ; inversement, ces verrous ne peuvent être déclenchés que quand les signaux correspondants, munis eux-mêmes de verrous électriques, sont enclenchés à l'arrêt.

En outre, ces verrous peuvent être commandés d'un poste de gare au moyen de commutateurs permettant d'envoyer le courant et par suite d'autoriser la manœuvre des leviers correspondants ou d'interdire cette manœuvre en interrompant le circuit.

On peut également, dans le circuit, intercaler des pédales qui complètent l'enclenchement des signaux, de telle sorte que si un train franchit un signal avancé ouvert, le signal carré correspondant ne puisse plus être fermé; cette solution, donnée par les chemins de fer de l'État, trouve son application dans le cas où des manœuvres de gare viennent engager la bifurcation; il peut arriver, en effet, qu'un aiguilleur ayant ouvert les signaux d'une direction donne la voie à une manœuvre de gare en remettant préalablement à l'arrêt les signaux de cette direction alors qu'un train a déjà franchi le signal avancé.

L'électricité peut être employée à l'état de courant continu ou de courants d'induction; elle permet enfin de supprimer les fils de transmission mécanique des signaux par l'usage des disques électriques.

M. Hubou termine son exposé en montrant la réalisation des enclenchements électriques à l'aide des verrous et du commutateur de la Compagnie de Lyon et en faisant la manœuvre d'un modèle réduit du disque électrique de M. Dumont.

M. le Président croit utile d'appeler l'attention de la Société sur l'intérêt que présente l'étude à laquelle s'est livré M. Hubou. L'augmentation incessante du trafic sur les chemins de fer entraine une utilisation plus complète des voies existantes; elle doit avoir pour corollaire indispensable l'emploi de moyens de protection et de contrôle de plus en plus perfectionnés propres à assurer la sécurité de l'exploitation; nous devons remercier M. Hubou de nous avoir fait connaître les divers systèmes employés pour répondre à ces besoins, en ce qui concerne en particulier les changements de voie.

M. le Président donne la parole à M. Kéromnès pour sa communication sur les *tubes Serve;* cette communication sera reproduite *in extenso* au *Bulletin.*

M. Kéromnès dit que les tubes à fumée, du système Jean Serve, de Givors, sont caractérisés par des nervures à ailettes venues de laminage avec le corps du tube, et faisant saillie à l'intérieur. Ces nervures ont pour but, en pénétrant au cœur de la veine de gaz chaud, de dépouiller celle-ci de la majeure partie de son calorique. Les tubes sont lisses à l'extérieur.

Ils ont été appliqués pour la première fois en France, il y a sept ans, sur les bateaux d'une des Compagnies de navigation du Rhône, la Compagnie Bonnardel; puis ils ont été essayés et adoptés par la Compagnie des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée et par la marine de l'État.

M. Baudry, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction du Paris-Lyon-Méditerranée, dans une note publiée par la *Revue générale des Chemins de fer* (numéro d'avril 1893), sur les locomotives compound à quatre cylindres et à grande vitesse de sa Compagnie, expose que c'est

aux tubes Serve, expérimentés et préconisés par son prédécesseur, M. Henry, que ces machines doivent d'être à la fois plus puissantes et plus légères.

Les expériences de la Compagnie du Paris-Lyon-Méditerranée ont montré qu'au point de vue du maximum de vaporisation, la longueur des tubes passe elle-même par un maximum qui est de 4 *m* à 4,50 *m* pour les tubes lisses de 50 *mm*, de 2,50 *m* à 2 *m* pour les tubes à ailettes de 50 *mm*, de 3 *m* pour les tubes à ailettes de 65.

Dans les expériences faites à l'arsenal maritime de Brest, à la fin de 1888, les tubes Serve ont donné sur les tubes lisses une économie de combustible de 15 0/0 au tirage naturel, de 20 0/0 au tirage forcé, avec une dépression de 20 à 40 *mm* d'eau.

La maison John Brown and Cº de Sheffield (voir la traduction d'un article de l'*Engineer*, par M. Trotabas, parue dans le numéro de juillet 1892, du *Bulletin des Écoles d'Arts et Métiers*) a trouvé des résultats analogues.

M. du Bousquet, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction du Chemin de fer du Nord, Vice-Président de la Société des Ingénieurs Civils, a repris ces expériences.

En 1892, il a monté des tubes Serve de 70 *mm* de diamètre extérieur sur trois locomotives ; en 1893, la même application a été faite sur sept machines à grande vitesse, et les quinze machines compound, actuellement en construction à Belfort, seront livrées également avec des tubes de ce système.

Le tableau ci-après donne, pour les quatre types de machines soumis à l'expérience, les conditions d'établissement anciennes et nouvelles :

DÉSIGNATIONS	LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE Long. des tubes : 3,500		LOCOMOTIVES MIXTES Long. des tubes : 3,800		LOCOMOTIVES A 4 ESSIEUX COUPLÉS Long. des tubes : 4,090		LOCOMOTIVES COMPOUND Long. des tubes : 3,900	
	TUBES LISSES	TUBES à ailerons	TUBES LISSES	TUBES à ailerons	TUBES LISSES	TUBES à ailerons	TUBES LISSES	TUBES à ailerons
Diamètre extérieur des tubes	45	70	50	70	50	70	45	70
Nombre des tubes	201	96	160	88	197	130	202	94
Surface de chauffe des tubes m^2	88,38	129,60	86,00	134,00	114,06	210,49	98,98	144,43
Section de passage des gaz	0,2510	0,2910	0,2550	0,2640	0,3133	0,3900	0,2520	0,2820
Surface des tubes baignée par l'eau m^2	100,00	74,23	93,00	73,50	126,78	117,12	110,50	81,00
Surface de la grille m^2	2,31		1,60		2,08		2,04	

On voit que la surface de chauffe, évaluée en comptant le développement des ailerons, a été augmentée malgré la diminution du nombre des tubes, ainsi que la section de passage des gaz ; seule la surface des tubes, baignée par l'eau, se trouve réduite, mais cet inconvénient est relativement faible.

Les mécaniciens qui ont marché avec ces machines sont d'accord pour reconnaître qu'elles produisent mieux qu'auparavant, et que la

montée des rampes est singulièrement facilitée par cet excès de production. Pour suivre un itinéraire donné, avec une charge donnée, il n'est pas nécessaire de serrer autant l'échappement.

Mais, ainsi pratiquée, c'est-à-dire ne se faisant qu'avec des organes de 70 *mm* de diamètre, l'application des tubes Serve ne pourrait se poursuivre qu'avec une extrême lenteur; le diamètre ordinaire des tubes à fumée étant de 50 *mm*, il faut, en effet, attendre que les plaques tubulaires des chaudières soient hors de service pour les remplacer par des plaques ayant des trous de 70.

M. du Bousquet a ainsi été conduit à faire sur une chaudière fixe, du type Locomotive, des ateliers de la Chapelle, des expériences comparatives entre les tubes lisses de 50 *mm* de diamètre extérieur et de 4,457 *m* de longueur et les tubes Serve de même diamètre et de même longueur. Le tirage forcé, obtenu sur les locomotives par l'échappement de la vapeur, était produit par deux ventilateurs de 1 *m* de diamètre, en communication avec la boite à fumée, et actionnés par deux moteurs Brotherhood.

L'eau d'alimentation était jaugée, et le combustible — du tout-venant de Lens — pesé exactement.

Un vacuomètre Richard, monté sur la boite à fumée, permettait de relever à tout instant la dépression en millimètres d'eau. Les expériences ont été faites en service courant, pour une marche journalière de onze heures, la pression ayant été constamment maintenue au chiffre du timbre 6,5 *kg*.

1° Avec des tubes lisses de 50 *mm* de diamètre extérieur, au tirage naturel, on a brûlé en moyenne 137 *kg* de charbon par heure, pour vaporiser 11,961 m^3 d'eau, soit 7,932 *l* par kilogramme de charbon; la température des gaz dans la boite à fumée était de 208°.

Au tirage forcé, avec ces mêmes tubes, avec des dépressions de 50 et de 80 *mm*, on a brûlé respectivement 313 et 359 *kg*, avec des vaporisations de 7,712 et de 7,078 *l* par kilogramme de charbon; la température dans la boite à fumée était de 276° et de 296°.

2° La première garniture de tubes Serve essayée avait des ailerons de 11 *mm* de hauteur, régnant sur toute la longueur du tube, sauf sur 0,090 *m* à chaque extrémité.

La surface de chauffe se trouve augmentée de 102,53 m^2, mais la section de passage des tubes est réduite de 123 cm^2.

Au tirage naturel, la consommation de combustible, comparée à celle donnée par les tubes lisses, diminue un peu; mais la vaporisation par kilogramme de charbon augmente; au total, la quantité d'eau vaporisée en onze heures reste à peu près la même: 11,368 m^3 au lieu de 11,961 m^3.

Au tirage forcé, aux dépressions de 60 et de 80, la consommation de combustible, par heure, est de 240 et 247 *kg*, et la vaporisation par kilogramme de charbon de 8,758 *l* et 8,534 *l*, en augmentation de 1 *l* environ sur celle des tubes lisses; cette augmentation est due incontestablement à une plus grande absorption du calorique des gaz par les tubes. La température des gaz dans la boite à fumée était de 170°, soit sensiblement la même que celle de l'eau de la chaudière.

Mais un inconvénient s'est révélé : les tubes se bouchaient souvent par suite de l'entraînement des escarbilles.

3° Cette obstruction tenant à ce que la section de passage des gaz était trop faible, on expérimenta une nouvelle garniture ainsi disposée : les ailerons n'avaient que 9 *mm* de hauteur au lieu de 11, et 2,50 *m* de longueur au lieu de 4,277 *m*, la partie lisse étant du côté du foyer ; le diamètre extérieur du tube fut porté de 50 à 52 *mm* ; cette légère augmentation n'entraînant aucune modification importante des plaques.

La section de passage se trouve portée de 0,237712 m^2 à 0.249813 m^2, soit augmentée de 0,012101 m^2. Le tirage se fait mieux ; à 80 *mm* de dépression, on brûle par heure 311,1 *kg* donnant une vaporisation de 8,390 *l*.

L'allure de la chaudière était bonne, mais il y avait encore des tubes obstrués.

Continuant dans la même voie, on mit en service une garniture de tubes semblable à la dernière, avec cette différence que les ailerons n'avaient que 7 *mm* de hauteur, et une autre garniture avec ailerons de 7 *mm* sur toute la longueur.

Avec ces deux garnitures, les résultats ont été tout à fait satisfaisants. La section de passage des gaz est augmentée de 0,017081 m^2 par rapport à celle des tubes lisses, de 0,0050 m^2 par rapport à celle des tubes à ailerons de 9. A 80 *mm* on a brûlé 400 *kg* de charbon donnant 8,836 *l* de vapeur.

Il est donc permis de conclure qu'il paraît possible d'appliquer sur les locomotives des tubes Serve de 50 *mm* de diamètre extérieur, en donnant aux ailerons une hauteur et une longueur convenables. La seule difficulté qui puisse se présenter, c'est l'obstruction des tubes. On la lève, en ramonant les tubes à la vapeur, à l'aide d'un appareil spécial à jet de vapeur.

Pour n'omettre aucun des résultats relevés dans ces essais, M. Kéromnès ajoute que dans l'expérience faite avec les tubes Serve, le combustible ayant été chargé en couche plus épaisse, l'analyse des gaz de la combustion a décelé la présence d'une proportion un peu plus forte d'oxyde de carbone qu'avec les tubes lisses.

M. le Président signale à M. Kéromnès la contradiction qui semblerait exister entre l'économie de combustible réalisée par l'emploi des tubes Serve et son utilisation moins complète que dénoterait la composition des gaz brûlés qui contiennent une notable proportion d'oxyde de carbone, d'après l'analyse qui en a été faite.

D'autre part, l'écart considérable de température de ces gaz, qui est de plus de 100° dans la boîte à fumée, suivant qu'on a employé des tubes lisses ou des tubes à ailerons, prouve que l'utilisation des gaz est beaucoup plus parfaite dans ce dernier cas ; peut-être suffirait-elle seule pour justifier cette économie importante.

M. Kéromnès confirme que cette anomalie apparente vient en effet de ce que la chaleur gagnée par le refroidissement plus complet des gaz est supérieure à celle perdue par la combustion incomplète d'une très faible proportion de ceux-ci.

M. le Président remercie M. Kéromnès de sa communication qui fournit de nombreux et intéressants renseignements ; on ne peut voir qu'avec le plus grand plaisir se répandre l'application d'une disposition qui permet d'avoir une plus grande puissance de vaporisation sans augmenter les proportions des machines, tout en ayant meilleure utilisation du combustible.

La séance est levée à dix heures.

NOTE

SUR LES

EXPÉRIENCES FAITES AU CHEMIN DE FER DU NORD

SUR

LES TUBES A AILERONS, SYSTÈME SERVE

PAR

M. KEROMNÈS

Les tubes à fumée du système Jean Serve, de Givors *(fig. 10 à 14, Pl. 92)*, sont caractérisés par des nervures en ailerons ou ailettes, venues de laminage avec le corps du tube, faisant saillie à l'intérieur et destinées, en pénétrant au cœur de la veine du gaz chaud, à dépouiller celle-ci de la majeure partie de son calorique. Ils sont lisses à l'extérieur.

Ils ont été appliqués pour la première fois en France, il y a sept ans, sur les bateaux d'une des Compagnies de navigation du Rhône, la Compagnie Bonnardel. Puis, la Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, d'une part, la marine de l'État, d'autre part, les ont soumis à des essais très sérieux et très concluants sans doute, puisque la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée a commandé coup sur coup cinquante et cent locomotives munies de ces tubes, et que la marine en a également monté sur un certain nombre de torpilleurs.

M. Baudry, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, dans une note remarquable qu'il a publiée dans la *Revue générale des chemins de fer* (numéro d'avril 1893), sur les locomotives compound à quatre cylindres et à grande vitesse de sa Compagnie, expose que c'est à l'emploi des tubes Serve, expérimentés et préconisés par son prédécesseur, M. Henry, que ces machines doivent d'être à la fois plus puissantes et plus légères ; plus puissantes, parce que la quantité d'eau vaporisée, toutes choses égales d'ailleurs, est plus considérable ; plus légères, parce qu'il a été possible de réduire le poids des chaudières, sans rien perdre du côté de la puissance et de l'économie.

Les expériences de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée ont montré nettement qu'au point de vue du maximum de vaporisation, — et c'est cette puissance de production qui fait la qualité maîtresse des locomotives, — la longueur des tubes passe par un maximum qui est compris entre 4 *m* et 4,50 *m*, pour les tubes lisses de 50 *mm*, entre 2,50 *m* et 2 *m*, pour les tubes à ailettes de 50 *mm*, et qui est assez exactement de 3 *m* pour ceux de 65 *mm*.

Ces longueurs donnant le maximum de production sont, d'ailleurs, les mêmes pour tous les tirages.

Les expériences de la marine ont eu lieu à l'arsenal de Brest, en novembre et en décembre 1888 : elles ont été faites au tirage naturel et au tirage forcé.

Pour ne parler que de l'économie du combustible, on a trouvé que cette économie était de 15 0/0 environ au tirage naturel, et de 20 0/0 environ au tirage forcé, la pression ayant varié de 20 à 40 *mm* d'eau.

Après avoir reçu en France le baptême du feu, les tubes Serve ont passé en Angleterre, où ils ont été l'objet d'études comparatives très suivies, dans les ateliers de M. John Brown and C°, de Sheffield.

Le journal l'*Engineer*, dans son numéro du 1er avril 1892, que M. Trotabas a traduit pour le *Bulletin technologique* (numéro de juillet 1892) de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, donne quelques renseignements sur les heureux résultats qu'on aurait obtenus sur d'anciennes chaudières, en remplaçant les tubes lisses par les tubes Serve; en conservant les mêmes conditions de tirage et d'alimentation à air froid, on a réalisé une économie de combustible de 10 0/0; en forçant le tirage à air froid, de manière à brûler la même quantité de charbon qu'avec les tubes lisses, on a obtenu une vaporisation de 10 0/0 en plus.

Je rappelle en passant que, d'après l'article de l'*Engineer*, la production de la chaudière avait été augmentée, dans le cas du tirage élevé, par l'introduction, dans les tubes, de la chicane en spirale Howden. Cette chicane était formée d'une tôle mince ayant le diamètre du noyau du tube et ployée en hélice, suivant un pas très allongé. Son rôle était d'imprimer à la veine gazeuse un léger mouvement de rotation sur elle-même, de manière à renouveler les molécules qui venaient en contact avec les ailettes et avec le corps du tube. Le tube Bère est basé sur ce principe.

La maison John Brown a reconnu la qualité du tube Serve, pré-

cieux surtout, dit-elle, pour la navigation, parce qu'il permet d'augmenter, ou bien la vitesse, ou bien la capacité de charge des navires.

La Compagnie du Chemin de fer du Nord français ne pouvait rester indifférente à des résultats paraissant devoir exercer une influence aussi favorable sur la marche des locomotives en général et, en particulier, de celles des trains express. Aussi, M. du Bousquet, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de cette Compagnie, Vice-Président de notre Société, a-t-il fait, dès l'année dernière, monter des tubes à ailerons, en acier doux, sur quelques locomotives. Profitant de l'expérience de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, il a adopté le diamètre de 70 *mm*, supérieur de 5 *mm* à celui des tubes de cette Compagnie, et cela, à cause de la plus grande longueur qu'il a voulu conserver aux tubes du Nord.

En 1892, la machine à grande vitesse 2896, la machine mixte 2504 et la machine à quatre essieux accouplés 4705 ont reçu des tubes à ailerons de 70 *mm* de diamètre extérieur. (Les longueurs de ces tubes étaient respectivement de 3,500 *m*, 3,800 *m*, 4,090 *m*), et dans le courant de 1893, la même application a été faite sur sept autres machines à grande vitesse, celles n°s 2876, 2883, 2848, 2910, 2205, 2853 et 2911. Les tubes lisses dont ces différentes machines étaient pourvues précédemment n'ayant que des diamètres de 45 *mm* ou de 50 *mm*, il va sans dire qu'il a fallu remplacer les deux plaques tubulaires, et qu'on a choisi, pour servir de champs d'expérience, des locomotives dont ces plaques étaient en mauvais état. Enfin, les quinze machines compound de la série 2123-2137, en construction en ce moment à Belfort, nous sont livrées également avec des tubes Serve de 70 *mm* et de 3,90 *m* de longueur.

Le tableau ci-après donne les conditions anciennes et nouvelles d'établissement de ces quatre types de machines, au point de vue du diamètre, du nombre, de la surface de chauffe des tubes et de leur surface baignée par l'eau, enfin, de la section de passage des gaz. Il montre que, malgré la diminution du nombre des tubes — diminution qui dépasse 50 0/0 pour deux types — la surface de chauffe, évaluée en comptant le développement des ailerons, a pu être partout augmentée, que la section de passage des gaz est accrue aussi. Seule, la surface des tubes baignée par l'eau se trouve réduite. Mais cette réduction ne présente que peu d'intérêt; ce qui importe surtout, c'est d'augmenter la surface de

contact des gaz et des tubes. Les tubes, en effet, transmettent facilement leur calorique à l'eau, tandis que les gaz cèdent difficilement le leur aux tubes.

DÉSIGNATIONS	LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE Long. des tubes : 3,500		LOCOMOTIVES MIXTES Long. des tubes : 3,800		LOCOMOTIVES A 4 ESSIEUX COUPLÉS Long. des tubes : 4,000		LOCOMOTIVES COMPOUND Long. des tubes : 3,900	
	TUBES LISSES	TUBES à ailerons	TUBES LISSES	TUBES à ailerons	TUBES LISSES	TUBES à ailerons	TUBES LISSES	TUBES à ailerons
Diamètre extérieur des tubes	45	70	50	70	50	70	45	70
Nombre des tubes	201	96	160	88	197	130	202	94
Surface de chauffe des tubes ... m^2	88,38	129,60	86,00	134,00	114,06	210,49	98,98	144,48
Section de passage des gaz	0,2510	0,2910	0,2550	0,2640	0,3133	0,3900	0,2520	0,2820
Surface des tubes baignée par l'eau ... m^2	100,00	74,23	93,00	73,50	126,78	117,12	110,50	81,00
Surface de la grille ... m^2	2,31		1,60		2,08		2,04	

Toutes ces locomotives ont fait un excellent service. Les mécaniciens sont d'accord pour reconnaître qu'elles « produisent » mieux qu'auparavant, et que la montée des rampes est singulièrement facilitée par cet excès de production. On remarque, en outre, que pour suivre un itinéraire donné avec une charge donnée, il n'est pas nécessaire de serrer autant l'échappement avec les tubes Serve qu'avec les autres, ce qui tient évidemment à l'augmentation du passage des gaz. Ainsi, pour les machines compound à tubes Serve, on marche avec une section d'échappement de 120 cm^2, tandis qu'avec les mêmes machines à tubes ordinaires, il faut 90 cm^2.

L'effet de l'échappement se faisant moins sentir sur la grille, le feu est plus facile à conduire, il s'arrache moins, l'entraînement des cendres et des escarbilles dans les tubes est plus faible, de même que la contre-pression à l'échappement. En somme, on peut dire que le même tirage est obtenu avec un échappement plus doux.

Mais, ainsi pratiquée, l'application des tubes Serve ne pourrait se poursuivre qu'avec une extrême lenteur, puisque, comme il a été dit plus haut, il faut attendre que les plaques tubulaires des chaudières aient besoin d'être remplacées, pour qu'on substitue des tubes de 70 à des tubes de 45 ou de 50.

Il était intéressant de savoir comment se comporteraient des tubes de 50, par exemple — c'est le diamètre courant des tubes de la Compagnie du Nord — et de déterminer s'il serait possible

de procéder au remplacement des tubes lisses existants par des tubes à ailerons de même diamètre.

Nous avons donc entrepris, avec le concours de M. Serve, sur une chaudière fixe, type Locomotive, de l'atelier des Forges de la Chapelle (chaudière nº 3), des expériences comparatives entre les tubes lisses et les tubes de son système de 50 *mm*.

Ces expériences, commencées le 20 juillet 1892, ont été terminées le 18 mars 1893. Pour remplacer le tirage forcé obtenu, sur les locomotives, par la vapeur d'échappement, M. Serve avait installé deux ventilateurs, du système E.-Denis Farcot, actionnés par deux moteurs Brotherhood construits par la Société Lyonnaise de Constructions mécaniques.

Ces moteurs étaient alimentés par une chaudière à vapeur spéciale.

Voici la description sommaire de l'installation *(fig. 1 à 3, pl. 92)*:

La chaudière fixe fait partie d'un groupe de quatre chaudières qui alimentent deux machines fixes et les pilons des Forges. Ses dimensions principales sont les suivantes :

GRILLE	Longueur	1,281 *m*
	Largeur	1,049
	Surface	1,34 m^2
FOYER	Longueur intérieure, en haut	1,233 *m*
	Largeur intérieure, en haut	1,088
	Largeur en bas	1,049
Hauteur du foyer au-dessus du cadre		1,735
Diamètre du corps cylindrique		1,2695
TUBES	Nombre	166
	Diamètre extérieur	0,050 *m*
	Longueur entre les plaques tubulaires.	4,457
SURFACE DE CHAUFFE	du foyer	7,62 m^2
	des tubes à l'intérieur (tubes lisses)	106,91
	totale	114,53
Timbre		6,5 *kg*

Elle repose à l'arrière, par son foyer, sur un massif en maçonnerie servant de cendrier, et à l'avant, par sa boîte à fumée, sur la partie supérieure du carneau conduisant les gaz de la combustion dans la cheminée centrale. Lorsqu'on marche avec le tirage naturel, les gaz, aspirés par la cheminée, passent directement des tubes dans le carneau par l'ouverture O pratiquée dans le fond de la boîte à fumée.

Les deux ventilateurs V et V′ sont montés sur un même arbre A, qu'actionnent les moteurs Brotherhood B et B′ par l'intermédiaire de deux couples d'engrenages à chevrons. Les extrémités des arbres D et D′ des ventilateurs et des arbres CC′ des moteurs portent sur des paliers doubles PP′.

Les paliers et les ventilateurs sont fixés solidement, d'un côté, sur un massif en briques M, de l'autre, sur un caisson N, en tôles et cornières, relié à la chaudière voisine E.

Les ventilateurs ont 1 *m* de diamètre ; ils agissent à la fois par aspiration et par refoulement. L'aspiration se fait par les tuyaux T et T′, communiquant avec le centre des appareils, et le refoulement s'opère par la périphérie des aubes dans les conduits F et F′, qui sont reliés avec le carneau H de la cheminée centrale.

Quant aux moteurs Brotherhood, leur disposition ordinaire a été modifiée en vue de ces essais; on a remplacé l'unique tiroir circulaire par trois tiroirs cylindriques, afin de mieux utiliser la vapeur et d'obtenir un meilleur rendement.

L'eau d'alimentation, puisée soit dans une bâche d'une contenance de 18 m^3, soit dans un tender de 14 m^3, arrive en charge dans un injecteur Friedmann, qui la refoule dans la chaudière; elle était jaugée exactement à chaque arrêt. Un indicateur du vide, système Richard, monté sur la boîte à fumée, permet de relever à tout instant la dépression en millimètres d'eau. Enfin, le nombre de tours des ventilateurs est relevé au moyen d'un vélocimètre Deschiens.

Les expériences ont été faites en service courant, pour une marche journalière de onze heures, la pression ayant été constamment maintenue au chiffre du timbre, 6,5 *kg*.

Le niveau de l'eau était, chaque soir, ramené à la hauteur qu'il avait le matin.

Le combustible employé était du tout-venant de Lens, donnant en moyenne 7,4 0/0 de cendres. Il était pesé exactement, ainsi que les résidus de la grille. La chaudière fournissait de la vapeur à une machine fixe faisant chaque jour un nombre de tours bien déterminé et un travail invariable.

La quantité de vapeur ainsi dépensée étant très sensiblement constante, la conduite du feu pouvait être réglée d'une manière uniforme; et, en effet, la consommation variait peu d'un jour à l'autre pour une même suite d'expériences.

On avait commencé par isoler la chaudière du groupe dont elle fait partie, et les premières expériences, celles sur les tubes

lisses, au tirage naturel, ont eu lieu dans ces conditions ; mais, dès qu'on a marché au tirage forcé, il a fallu rétablir la communication avec les autres chaudières des Forges, parce que, aux dépressions de 50 et de 80 *mm* d'eau, la vaporisation était si considérable que la machine fixe n'arrivait pas à la dépenser. Pour avoir la certitude que la chaudière n° 3 maintenait sa pression de 6,5 *kg*, grâce à ses efforts individuels et sans aucun secours étranger, on prit soin de pousser son feu et de ralentir au contraire l'activité des chaudières avec lesquelles elle était reliée.

On a commencé par relever exactement les conditions de marche de la chaudière avec les tubes lisses ordinaires.

I. — Tubes lisses de 50

1° *Tirage naturel.*

La chaudière a brûlé en moyenne 1 507,8 *kg* de charbon en onze heures, soit 137 *kg* par heure, pour vaporiser 11,961 m^3 d'eau, soit 7,952 *l* par kilogramme de combustible.

La température des gaz, dans la boîte à fumée, était de 208°.

2° *Tirage forcé.*

La consommation moyenne a été de :

1 929,7 *kg*	pour une dépression de	30 *mm*
3 444,5	—	50
3 950,5	—	80

mais la vaporisation par kilogramme de combustible n'a pas augmenté en proportion du combustible brûlé ; elle a été de :

7,242 *l*	pour une dépression de	30 *mm*
7,712	—	50
7,078	—	80

passant ainsi par un maximum aux environs de 50 *mm*.

Quant à la température des gaz, elle s'est élevée à 268°, 276° et 296°.

Tubes à ailerons.

II. — Tubes a ailerons de 11 *mm* de hauteur

La première garniture de tubes Serve expérimentée avait des ailerons de 11 *mm* de hauteur. Ces ailerons règnent sur toute la longueur du tube, sauf aux extrémités, où l'on est obligé de les

abattre sur une longueur de 0,090 *m*, afin de permettre le mandrinage.

La surface de chauffe totale, qui était de 114,53 m^2 avec les tubes lisses, atteint ici 217,06 m^2; mais la section de passage des gaz tombe de 0,2640 m^2 à 0,2377 m^2; elle est réduite de 263 cm^2.

1° Tirage naturel.

Néanmoins, même au tirage naturel, la quantité d'eau vaporisée en onze heures est restée la même qu'avec les tubes lisses (11,868 m^3 au lieu de 11,961 m^3). Si la consommation de combustible par mètre carré de surface de grille et par heure diminue un peu (97,5 *kg* au lieu de 102,3 *kg*), la vaporisation par kilogramme augmente (8,296 *kg* au lieu de 7,932 *kg*).

2° Tirage forcé.

A cette marche, on a eu souvent des tubes bouchés par des escarbilles, surtout dans le cas des fortes dépressions, et cela malgré l'application, dans le foyer, d'une voûte en briques, qui, entre autres effets, présentait l'avantage d'arrêter une partie de ces escarbilles. Cependant, la vaporisation par kilogramme de charbon s'est accrue avec la dépression, en passant toujours par un maximum compris entre 30 et 60 *mm*. Elle a été de :

8,776 *kg* pour 30 *mm*.

8,758 *kg* pour 60 *mm*.

(Il n'y a pas lieu de s'arrêter au chiffre de 8,175 *kg* trouvé avec la dépression de 50 *mm*, parce qu'il est le produit d'un seul jour de marche et que, ce jour-là, l'état du feu a laissé à désirer.)

De sorte qu'en résumé, les tubes à ailerons de 11 *mm*, malgré leurs imperfections, ont donné une augmentation de vaporisation de 1 *l* environ par kilogramme de combustible sur les tubes lisses, soit 1/8e; cette augmentation est due incontestablement à une plus grande absorption du calorique des gaz par les tubes. Comme conséquence, on a constaté que la température des gaz, dans la boîte à fumée, était de 170° environ, au lieu de 270°, soit une diminution de 100°.

La température de la vapeur à 6,5 *kg*, timbre de la chaudière, étant de 161°, et celle des gaz, dans la boîte à fumée, étant de 170°, on peut dire que les gaz ont cédé à l'eau de la chaudière le maximum de calorique qu'on peut leur demander.

La surface de chauffe ayant été portée de 114,53 m^2 à 217,06 m^2,

c'est-à-dire presque doublée, la vaporisation par mètre carré de surface de chauffe a baissé de moitié, 10 *l* au lieu de 20 *l* en moyenne.

Malgré l'avantage d'une meilleure utilisation du combustible, on conclut de l'obstruction fréquente des tubes, que la section de passage des gaz était trop faible, autrement dit, que la hauteur de 11 *mm*, donnée aux ailerons, était trop grande pour des tubes de 45 *mm* de diamètre intérieur et de 4,457 *m* de longueur.

Pour augmenter cette section de passage, et pour diminuer les chances d'obstruction, on résolut de porter le diamètre extérieur du tube de 50 à 52 *mm* et de réduire la hauteur et la longueur des ailerons. On put réaliser cette légère augmentation de diamètre sans toucher aux trous de la plaque du foyer, et en agrandissant de 2 *mm* seulement ceux de la plaque d'avant. On mit donc en essai une garniture de tubes dont les ailerons n'avaient que 9 *mm* de hauteur et ne régnaient que sur une longueur de 2,50 *m*, l'autre partie du tube restant lisse.

III. — Tubes de 52 *mm* munis de 8 ailerons de 9 *mm*, sur une longueur de 2,50 *m*, lisses, avec 50 *mm* de diamètre, sur le reste de la longueur.

Tirage forcé.

La section de passage se trouve portée de 0,237712 m^2 à 0,249813 m^2, soit augmentée de 0,012101 m^2. Le tirage se fait mieux; il y a moins de tubes obstrués.

Avec 80 *mm* de dépression, la quantité de combustible brûlé par heure est à peu près la même que celle obtenue avec les tubes lisses, 311,1 *kg* au lieu de 359,1 *kg*; elle s'élève constamment avec la dépression, ce que n'avaient pas donné les tubes à ailerons de 11 *mm*.

La température des gaz, dans la boite à fumée, à 80 *mm* de dépression, se rapproche aussi de celle des tubes à ailerons de 11 *mm*, — 187° au lieu de 170; — cependant la vaporisation par kilogramme de combustible n'est pas inférieure à celle fournie par ces mêmes tubes et elle reste de 1 *kg* supérieure à celle des tubes lisses. Il y avait donc progrès, mais les obstructions n'avaient pas été supprimées. Continuant dans la même voie, on mit en service deux garnitures de tubes à ailerons de 7 *mm*; dans l'une de ces garnitures, les ailerons avaient toute la longueur du tube; dans l'autre, ils n'avaient que 2,50 *m* de longueur.

IV. — Tubes de 52 *mm* de diamètre extérieur, munis, sur toute leur longueur, de 8 ailerons de 7 *mm*.

La section de passage des gaz est augmentée de 0,017081 m^2, par rapport à celle des tubes lisses, et de 0,0050 m^2 par rapport aux tubes à ailerons de 9.

Le poids du combustible consommé augmente considérablement ; à 80 *mm* de dépression, avec les ailerons de 9 *mm*, on avait brûlé 311,1 *kg* par heure ; avec les ailerons de 7 *mm*, on en a brûlé 400,9 *kg*, et les poids de vapeur, par kilogramme de charbon, ont été respectivement de 8,390 *kg* et de 8,836 *kg*.

Les tubes mixtes, avec ailerons de 2,50 *m* de longueur, ont donné sensiblement les mêmes résultats.

Avec ces deux dernières garnitures, on n'a pas eu à constater d'obstruction complète de tubes, même aux plus fortes dépressions.

Résidus de la grille.

Ils ont été recueillis et triés avec tout le soin possible, le coke et le mâchefer ont été séparés des cendres. La proportion pour cent du charbon non brûlé est très faible (en moyenne 4 0/0), ce qui montre que le tout-venant de Lens, qui a servi aux expériences, était parfaitement brûlé sur la grille. La proportion de cendres, 7 0/0, est le résultat moyen d'un grand nombre d'essais faits par le laboratoire de chimie de la Compagnie sur le tout-venant de Lens.

Analyse des gaz de la boîte à fumée.

Quelques analyses des gaz de la boîte à fumée ont été faites avec l'appareil Orsat, sur les tubes lisses, à 80 *mm* de dépression, et sur les tubes à ailerons de 11 *mm*, avec 80 à 120 *mm* de dépression.

Ces analyses ont fait voir que la combustion était meilleure dans le cas de tubes lisses que dans celui des tubes à ailerons de 11 *mm*, et dans les conditions indiquées ci-dessus, même après l'application d'une voûte en briques dans le foyer. La présence d'une faible proportion d'oxyde de carbone dans les gaz de la boîte à fumée peut s'expliquer par l'insuffisance de la section de passage des tubes, qui s'obstruaient vite, et par la nécessité de maintenir sur la grille une couche épaisse de combustible, pour marcher avec ces fortes dépressions.

On n'a pu continuer les analyses, pour les autres tubes, parce que l'appareil Orsat a été avarié.

Le tableau ci-annexé contient les chiffres obtenus dans ces différentes séries d'expériences.

Résumé.

En comparant la vaporisation moyenne, par kilogramme de combustible, donnée par les diverses tubulures à ailerons, avec celle à tubes lisses, pour les dépressions que l'on obtient couramment sur les locomotives, on trouve que les tubes à ailerons ont donné sur les tubes lisses une grande augmentation de vaporisation de :

Tubes à ailerons de 11 *mm* de hauteur.	4,589 0/0 au tirage naturel. 21,181 0/0 avec 30 *mm* de dépression. 20,570 0/0 avec 80 *mm* de dépression.
Tubes mi-partie lisses, mi-partie à ailerons de 9 *mm* de hauteur.	14,834 0/0 avec 50 *mm* de dépression. 18,536 0/0 avec 80 *mm* de dépression.
Tubes à ailerons de 7 *mm* de hauteur.	23,902 0/0 avec 30 *mm* de dépression. 19,904 0/0 avec 50 *mm* de dépression. 24,837 0/0 avec 80 *mm* de dépression.

Il est permis de conclure de ces résultats, qu'il paraît possible d'appliquer les tubes Serve sur les machines existantes, en conservant aux tubes leur longueur, d'une part ; d'autre part, en augmentant légèrement leur diamètre, en réduisant la hauteur des ailerons et, au besoin, en ne faisant commencer ces ailerons qu'à une distance convenable de la plaque tubulaire du foyer.

Les garnitures de tubes à ailerons de 7 *mm*, qui ont servi aux essais, viennent d'être montées sur deux locomotives en réparation à La Chapelle. Il en résulte, pour l'une, une augmentation de poids de 70 *kg* (machine 2508, longueur des tubes : 3,800 *m*, longueur des ailerons : 2,410 *m*, 160 tubes), et une augmentation de poids de 100 *kg* pour la machine 2610 (138 tubes, longueur des tubes et des ailerons : 3,815 *m* et 3,696 *m*). Nous ferons sur ces locomotives en service une nouvelle série d'essais.

La seule difficulté qui puisse se présenter, c'est l'obstruction des tubes. Le ramonage, ou « passage » des tubes, ne peut plus se faire à l'aide de la tringle ordinaire garnie d'une mèche de chanvre. On met entre les mains du personnel une lance spéciale à vapeur, représentée figures 6 et 7 *(pl. 92)*.

Sur un robinet R, monté sur la boîte à fumée, on ajuste un tuyau en caoutchouc, muni de raccords à chaque extrémité. La seconde extrémité s'emmanche sur la tubulure d'une lance L, continuée d'un côté par un long manche en bois M, terminée de l'autre par un cône C qui peut coulisser sur l'extrémité E de la lance. Un ressort à boudin R applique la soupape S sur son siège.

Quand le chauffeur, saisissant la canule par le manche M, introduit le cône C dans le tube, il lui suffit de faire une légère poussée en avant, pour que l'extrémité E coulisse, et que le taquet T de la soupape vienne buter sur le noyau du cône C. La vapeur s'échappe alors par la couronne DD.

TABLEAU RÉSUMANT LES EXPÉRIENCES FAITES SUR LES TUBES LISS

DÉSIGNATION des TUBES	SURFACE de la grille	SURFACE de chauffe totale	SECTION de passage des gaz dans les tubes	INDICATION du tirage	DÉPRESSION moyenne dans la boîte à fumée	NOMBRE de tours moyen des ventilateurs	TEMPÉRATURE moyenne dans la boîte à fumée	CONSOMMATION MOYE DE COMBUSTIBLE: TOTALE en 11 heures	Par HEURE
	m^2	m^2	m^2		*mm*		*degré c.*	*kg*	*kg*
Tubes lisses........	1,34	114,53	0,264006	naturel	10	»	298	1507,8	137
				forcé	30	560	268	1929,7	175,4
				id.	50	778	276	3344,5	304,0
				id.	80	959	296	3950,5	359,1
Tubes à ailerons de 11 *mm* de hauteur	1,34	217,06	0,237712	naturel	14	»	135	1430,5	130,0
				forcé	25	358	156	1556,5	141,5
				id.	30	437	162	1557,5	141,6
				id.	50	637	165	2543,0	231,1
				id.	60	664	167	2646,5	240,6
				id.	80	808	170	2722,5	247,5
				id.	120	941	171	2732,5	248,4
Tubes mi-partie lisses et mi-partie à ailerons de 9 *mm* de hauteur.	1,34	160,33	partie lisse 0,264006 partie à ailerons 0,249813	id.	25	517	160	2277,0	207,0
				id.	45	677	165	2754,5	250,4
				id.	50	713	167	2859,5	259,9
				id.	60	806	170	2956,5	268,7
				id.	80	888	187	3422,3	311,1
				id.	100	1108	188	3865,0	351,3
				id.	120	1197	200	3543,0	466,8
Tubes à ailerons de 7 *mm* de hauteur.	1,34	183,83	0,254793	id.	30	477	150	1064,0	266,0
				id.	50	680	159	3 255,0	295,9
				id.	80	880	179	4410,0	400,9
				id.	100	1079	193	2497,0	416,1
				id.	120	1253	215	5501,0	500,0
Tubes mi-partie lisses et mi-partie à ailerons de 7 *mm* de hauteur.	1,34	151,99	partie lisse 0,264006 partie à ailerons 0,254793	naturel	11	»	140	1466,0	133,3
				forcé	50	670	210	2939,0	267,1
				id.	80	898	224	3333,0	303,0
				id.	100	1111	240	2367,0	394,5
				id.	120	1288	245	3939,0	362,6

Nota : Le coke retiré des résidus étant brûlé ultérieurement, il n'est pas compté dans la proportion des

…S TUBES A AILERONS ET LES TUBES MI-PARTIE LISSES ET MI-PARTIE A AILERONS

…TITÉ MOYENNE …EAU VAPORISÉE		VAPORISATION MOYENNE		POIDS MOYENS DES RÉSIDUS			PROPORTION 0/0 des résidus rapportés au charbon brûlé	TENEUR 0/0 en cendres du charbon	PROPORTION 0/0 du charbon non brûlé	OBSERVATIONS
…TALE en heures	Par HEURE	Par *kg* de combustible	Par m^2 de surface de chauffe totale et par heure	ESCARBILLES	MACHEFERS	COKE				
…	m^3	*l*	*l*	*kg*	*kg*	*kg*				
…1	1,067	7,932	9,49	125,6	68	26,3	12,8	7,4	5,4	La chaudière est isolée des autres chaudières.
…5	1,270	7,242	11,08	127,7	74,7	11,2	10,4	7,4	3,0	
…95	2,345	7,712	20,47	174.5	121,5	13,0	8,5	7,4	1,1	La chaudière est en communication avec les autres chaudières.
…53	2,542	7,078	22,19	163,5	157,5	14,5	8,1	7,4	0,7	
…08	1,078	8,296	4,96	109,8	101,3	13,5	14,7	7,4	7,3	La chaudière est isolée des autres chaudières.
…195	1,199	8,477	5,52	101,0	66,5	13,0	10,7	7,4	3,3	
…,669	1,242	8,776	5,72	89,5	73,5	18,0	10,4	7,4	3,0	
…,720	1,890	8,175	8,70	163,0	137,0	29,0	11,7	7,4	4,3	L'état du feu laisse à désirer.
…177	2,107	8,758	9,70	152,5	132,0	24,5	10,7	7,4	3,3	
…,234	2,111	8,534	9,77	171,0	152,2	21,7	11,8	7,4	4,4	
…,418	2,129	8.570	9,80	242,0	179,0	28,0	15,4	7,4	8,0	
…,902	1,718	8,301	10,71	141,5	107,5	11,5	10,9	7,4	3,5	
…486	2,226	8,889	13,88	181.0	163,0	9,5	12,4	7,4	5,0	
…,325	2,392	8,856	14,35	161,0	150,0	10,0	10,8	7,4	3,4	
…,871	2,260	8,412	14,09	155,0	143,5	8,0	10,0	7,4	2,6	La chaudière est en communication avec les autres chaudières.
…,714	2,609	8,390	16,21	197,6	184,3	16,6	11,1	7,4	3,7	
…,892	3,080	8,766	19,21	221,0	293,0	17,0	13,2	7,4	5,8	
…439	3,681	7,772	22,64	265,0	245,0	27,0	14,3	7,4	6,9	Ces chiffres se rapportent à une marche de 7 h. 35.
…,568	2,387	8,973	12,96	71,0	40,0	3,0	10,4	7,4	3,0	Ces chiffres se rapportent à une marche de 4 heures.
…,069	2,736	9,247	14,88	176,0	135,0	5,0	9,5	7,4	2,1	
…498	3,542	8,836	19,26	295,0	212,0	8,0	11,4	7,4	4,0	
…437	3,806	9,145	20,76	110,0	114,9	4,0	8,9	7,4	1,5	Ces chiffres se rapportent à une marche de 6 heures.
…,970	4,179	8,356	22,73	210,0	246,0	8,0	8,4	7,4	1.0	
…071	1,188	8,916	7,81	88,5	77,6	6,7	11,3	7,4	3,9	La chaudière est isolée des autres chaudières.
…744	2,431	9.099	15,90	145.0	162,0	4,0	10,4	7,4	3,0	
…,457	2,723	8,987	17,91	144,0	155,0	7,0	8,9	7,4	1,5	La chaudière est en communication avec les autres chaudières.
…,598	3,433	8,702	22,58	91,0	149,0	4,0	10,1	7,4	2,7	
…738	3,067	8,457	20,17	287,0	233,0	8,0	12,5	7,4	5,1	

…e combustible brûlé dans ces expériences était du tout-venant de Lens.

COMPARAISON

DES

SYSTÈMES D'ENCLENCHEMENTS

DES

APPAREILS DE LA VOIE

PAR

M. E. HUBOU

L'exploitation des chemins de fer est devenue de plus en plus intensive, en raison de l'accroissement du nombre et de la vitesse des trains, dû à l'augmentation incessante du trafic. Par suite de la création de nouvelles lignes augmentant le nombre des raccordements et des bifurcations, de la création de nouveaux trains pouvant se succéder de très près et exigeant le garage de trains moins rapides, par suite du développement de la grande et de la petite vitesse nécessitant de nouvelles voies de manœuvre pour un matériel plus nombreux, la longueur des gares s'est étendue bien au delà de leurs limites primitives, devenues trop étroites. Il a fallu, avec un tel enchevêtrement de voies, pour assurer la marche régulière et rapide du service, prendre des mesures de sécurité de plus en plus perfectionnées : espacer les trains dans des cantonnements de block-system, mettre les signaux et les aiguilles dans une relation telle qu'ils puissent franchir en toute confiance les sections dangereuses préparées pour leur passage.

Le but de cette étude est de décrire les enclenchements eux-mêmes, qui garantissent cette sécurité dans la marche des trains, en laissant de côté leur combinaison avec les appareils de block-system.

Les appareils d'enclenchement sont destinés à assurer la sécurité des trains partout où il peut se produire une solution de

continuité dans la voie ou se rencontrer à la fois deux trains convergents. Ils sont utilisés notamment aux bifurcations et dans les gares importantes. Ils ont pour but d'éviter les collisions entre :

Trains de voyageurs.
— et manœuvres de gare.
— et trains de marchandises.

Trains de marchandises.
— et manœuvres de gare.

En général, on ne se préoccupe pas de protéger, par des signaux fixes et des enclenchements, les manœuvres de gare, tant que ces manœuvres n'intéressent pas des voies de circulation de trains ou de machines. Agir autrement conduirait à une trop grande complication de signaux et d'enclenchements.

En France, les points à protéger aux bifurcations et aux grandes gares sont défendus :

1° Par un disque placé à grande distance ;

2° Par un signal carré d'arrêt absolu visible du poste de manœuvre.

Ces deux signaux sont enclenchés entre eux. Les signaux carrés d'arrêt absolu sont à une distance d'au moins 100 *m* de la bifurcation ; les signaux avancés sont placés à une distance variant de 800 à 1 500 *m*, qui peut, dans certains cas, être dépassée.

Enfin, la bifurcation est indiquée soit par une plaque carrée peinte en damier vert et blanc, éclairée la nuit par réflexion ou par transparence, soit par une plaque rectangulaire portant le mot « BIFUR » éclairée la nuit de la même manière.

Les appareils d'enclenchement des bifurcations sont disposés de telle sorte qu'un signal carré d'arrêt absolu ne peut être mis à l'arrêt que quand le disque avancé a été mis d'abord lui-même à l'arrêt, et il ne peut être mis à voie libre que quand le disque avancé a été mis à l'arrêt. Les signaux carrés sont enclenchés entre eux et avec les aiguilles, de manière que deux trains ne puissent jamais arriver simultanément et se rencontrer sur les changements de voie.

Dans les gares importantes, le signal carré, placé en avant du premier point où la voie principale peut être engagée, est également enclenché avec son disque avancé, et il doit être ouvert pour que le disque avancé puisse aussi l'être à son tour. Sur les voies accessoires aboutissant aux voies principales, est placé un

signal d'arrêt enclenché avec le carré de la voie principale par l'intermédiaire de l'aiguille.

Quand un même signal peut donner accès à des voies différentes, il faut que les différentes combinaisons d'aiguilles autorisant le passage soient en relation convenable d'enclenchement avec ce signal, de sorte qu'on ne puisse ramener ce dernier à voie libre que quand les aiguilles ont été d'abord toutes faites pour donner passage sur la direction qu'il couvre.

Les postes de manœuvre qui commandent l'entrée et la sortie des grandes gares ne peuvent avoir toujours leurs enclenchements indépendants, et il est souvent nécessaire d'enclencher à distance certaines de leurs manœuvres, de manière qu'elles ne puissent être faites à un poste sans l'autorisation expresse des autres postes. Tel est, par exemple, le cas de l'enclenchement à distance d'un ou de deux disques normalement à l'arrêt, et qu'un poste donné doit pouvoir empêcher de mettre à voie libre d'un quelconque des autres postes, ou encore celui de l'enclenchement à distance d'aiguilles manœuvrées par des leviers placés à proximité des lames.

Ces mesures peuvent être complétées dans certains cas en appliquant encore l'enclenchement à distance aux blocs d'arrêt, au verrouillage des plaques tournantes, pour empêcher qu'elles ne servent à diriger des wagons sur les voies principales, et comme en Angleterre et en Belgique, au verrouillage des ponts tournants et des barrières de passage à niveau.

Le principe de tout système d'enclenchement, appelé encore « Interlocking-system », consiste à solidariser les leviers d'aiguilles et les leviers de signaux de manière qu'il soit impossible aux agents qui les manœuvrent de placer les appareils correspondants dans des positions incompatibles et dangereuses. C'est ainsi qu'un appareil d'enclenchement donne des résultats comparables à ceux d'un jeu d'orgue ou de piano construits de façon qu'on n'en puisse tirer que des accords conformes à l'harmonie.

Ces enclenchements peuvent être réalisés :

1° Par des moyens mécaniques ;

2° Par l'action de l'eau sous pression ;

3° — de l'air comprimé ;

4° — des courants électriques.

ENCLENCHEMENTS MÉCANIQUES

Les enclenchements purement mécaniques consistent à grouper en un poste central les leviers qui doivent être solidarisés et à en effectuer la manœuvre par une transmission rigide ou funiculaire.

Le système le plus simple, quand il s'agit d'enclencher un nombre restreint de leviers, est le système Vignier. Les leviers sont alignés perpendiculairement aux voies et en plein air. Ce système consiste à faire pénétrer des verrous cylindriques dépendant de certains leviers dans des trous pratiqués sur des tiges d'autres leviers. Quand le nombre de ceux-ci doit dépasser vingt, l'appareil nécessite des arbres à verrou trop longs qui peuvent être faussés, puisqu'ils sont mis en mouvement directement par les leviers.

Dans ce cas, on substitue généralement au système Vignier le système Saxby. En effet, avec cet appareil, les organes des enclenchements étant mis en mouvement par la poignée d'un verrou, l'inconvénient précédent n'est plus à craindre, quel que soit le nombre de leviers. Le système Saxby, qui est employé le plus communément en France, présente une grande sécurité d'enclenchement et de fonctionnement.

Les leviers et leurs enclenchements sont généralement placés dans des cabines vitrées, surélevées au-dessus du sol de manière que le signaleur puisse embrasser d'un coup d'œil l'ensemble des voies autour de son poste. Dans leur position normale, les leviers sont tous inclinés obliquement du côté opposé à l'agent. Pour les manœuvrer, celui-ci doit les amener à lui ou, comme on dit, les *renverser*. Ce mouvement se transmet aux pièces de la table d'enclenchement située derrière la rangée des leviers et, d'autre part, en dessous du plancher de la cabine, aux fils et tringles de transmission des disques et des aiguilles.

L'organe essentiel du système Saxby est le verrou mobile à ressort dont la tige est placée parallèlement au levier *(fig. 1, pl. 93)*. La manœuvre de celui-ci se transmet directement aux tringles et fils de transmission, mais le verrou mobile commande les enclenchements. Sa tige se termine à la partie supérieure par une poignée qu'on doit saisir en même temps que celle du levier, de sorte que par cela même qu'on a l'intention de manœuvrer un

levier, on produit aussitôt, par la simple pression de la main, les enclenchements nécessaires : les leviers qui doivent être enclenchés restent enclenchés pendant toute la course du levier sur lequel on agit, et les leviers qui doivent être dégagés ne le sont que lorsque le levier enclencheur a terminé sa course et que le verrou à ressort est bien engagé dans la seconde encoche du secteur fixe qui limite cette course.

En effet, par la simple pression de la main : 1° on dégage le verrou de l'encoche d'avant du secteur fixe ; 2° on agit par le coulisseau solidaire de la tige du verrou sur la coulisse ou balancier qui, d'abord inclinée vers l'avant du bâti, oscille alors autour de son axe et prend une position dans laquelle sa rainure est concentrique à l'arc que va décrire le levier de manœuvre, de sorte que, pendant toute la course de ce dernier, comme le coulisseau du verrou ne voyagera que dans cette rainure, cette coulisse restera fixe ; 3° par la bielle d'assemblage verticale formant joint universel et dont la chape s'engage dans la mâchoire d'avant de la coulisse, on agit, à l'aide d'une petite équerre de renvoi, sur l'extrémité d'une pièce plate percée d'ouvertures rectangulaires et appelée *gril*, qui est remplacée en plan et coupe *(fig. 2, Pl. 93)*. On fait tourner ainsi ce gril autour de son axe. La figure 1 indique en H ce gril horizontal et laissant alors passer au-dessus de lui les barres d'enclenchement, et en I ce gril incliné et faisant alors obstacle aux taquets ou *locks* montés sur les barres d'enclenchement. Les deux vues de face *(fig. 3 et 4, Pl. 93)* font comprendre le mécanisme de cet enclenchement. Dans la figure 3, on suppose que le balancier occupe sa première position, que l'équerre de renvoi de la bielle d'assemblage est inclinée vers le bas et que la partie plate du gril est horizontale. Les deux autres grils M et N sont manœuvrés par les balanciers des deux leviers adjacents et ils sont indiqués en coupe. Chaque gril fait mouvoir une barre d'enclenchement ; il est, à cet effet, muni d'une petite équerre verticale dont l'axe est entre deux taquets fixés sur la barre même, indiqués en K ; de sorte que chaque fois que le gril tourne, un mouvement horizontal est imprimé à la barre d'enclenchement. Les locks ou taquets LL sont fixés sur la barre de manière que certains grils sont libres comme en M, et d'autres grils sont enclenchés comme en N.

Les grils étant reliés aux coulisses peuvent comme celles-ci occuper trois positions qui sont indiquées en M *(fig. 3)* : 1° la position normale est marquée en trait plein ; 2° la seconde position

est marquée en pointillé, c'est celle que le gril occupe pendant la course du levier principal ; 3° la troisième position, marquée également en pointillé, correspond au renversement complet du levier, quand le verrou mobile est retombé dans l'encoche d'arrière du bâti. Dans cette position l'extrémité d'arrière de la coulisse s'est abaissée, l'extrémité d'avant et sa bielle d'assemblage s'est relevée, ainsi qu'il est indiqué en O dans la figure 4.

La troisième position de la coulisse joue un rôle important dans l'enclenchement. Il faut que cette dernière position ait été complètement réalisée pour que certains taquets ou locks puissent être déplacés. Ainsi le gril N restera enclenché *(fig. 3)*, tant qu'un autre gril n'aura pas occupé la troisième position O *(fig. 4)*. Alors la barre d'enclenchement que ce gril a manœuvrée et le taquet correspondant à N auront été suffisamment déplacés dans le sens de la flèche pour que ce taquet se trouve exactement au-dessus de l'ouverture rectangulaire du gril N. Dans cette position ce gril a pu être relevé.

Inversement le gril N, par cette position inclinée, empêche le mouvement de retour du taquet correspondant. Ainsi donc, de même qu'on avait l'enclenchement des grils par les locks, on réalise réciproquement l'enclenchement des locks par les grils. Il en résulte que le levier qui, au moyen de la bielle O, avait manœuvré le gril de gauche restera enclenché jusqu'à ce que le gril de droite N ait été remis dans sa première position horizontale.

En résumé, le système Saxby présente les avantages suivants :

1° Il évite tout forcement des enclenchements, puisque leur déplacement est produit, non par le levier lui-même, mais par la poignée du verrou mobile dont le mouvement commande celui du levier ;

2° La seule pression de cette poignée détermine les enclenchements nécessaires ;

3° Les déclenchements ne sont permis que quand la manœuvre du levier enclencheur est terminée complètement et que le verrou mobile est retombé dans l'encoche du secteur fixe.

En variant la forme des taquets, leur disposition sur les barres d'enclenchement, on obtient toutes les combinaisons possibles pour enclencher n'importe quel système de leviers, quels que soient le rôle et la nature des appareils dont la manœuvre doit être protégée par des signaux.

Dans les deux systèmes précédemment décrits et, en général,

dans tous les systèmes d'enclenchements mecaniques, les leviers sont nécessairement concentrés dans un poste parallèlement entre eux et à une faible distance les uns des autres. On ne peut donner une trop grande longueur aux barres d'enclenchement qui sont animées d'un mouvement alternatif correspondant aux passages de la position normale à la position renversée et inversement.

Les leviers ne peuvent pas toujours être concentrés en un seul point et, par suite, une même gare doit être protégée par deux ou plusieurs postes. Il est utile que ces postes soient indépendants les uns des autres pour ne pas entraver la simultanéité des manœuvres dans une gare très chargée, et le système Saxby est des plus pratiques à ce point de vue. Mais les enclenchements à distance que nécessite la liaison des postes entre eux entraîne l'installation de signaux et de leviers supplémentaires. Il en est de même pour la réalisation de certains enclenchements conditionnels exigeant l'installation de leviers qui ne servent qu'à immobiliser ou à déplacer des taquets.

D'autre part, les manœuvres commandées par tringles rigides ou par fils ne sont bien effectuées qu'à la condition que ces transmissions fonctionnent bien. Or elles sont soumises à des variations de température qui ne sont pas négligeables, puisqu'une tringle de fer de 300 *m*, distance maxima à laquelle la manœuvre d'une aiguille puisse s'effectuer, subit pour une variation de température de 12 degrés une variation de longueur de 0,044 *m*; il peut arriver ainsi que le levier n'ouvre ou ne ferme qu'incomplètement les aiguilles. On tend à y remédier en coupant les tiges en parties à peu près égales et à compenser automatiquement la variation de longueur en intercalant un petit levier à angle droit sur la direction des tiges, de manière que les accroissements ou les diminutions de longueur se contrarient. On obtient le même résultat pour les disques manœuvrés au moyen de fils en se servant du compensateur Robert. Mais ces appareils exigent des réglages assez fréquents sans lesquels la compensation serait incertaine.

Les fils de transmission des disques peuvent se trouver calés sur leurs poulies de renvoi et maintenir le signal effacé, malgré la manœuvre de fermeture; les aiguilles peuvent encore ne pas se fermer complètement soit par défaut d'ajustage des tringles, soit par la présence d'un obstacle entre la lame et le rail.

En outre, il peut se produire une rupture fortuite des tringles manœuvrant les aiguilles à grande distance : dans ce cas, le ren-

versement du levier dans la cabine réaliserait bien les effets nécessaires à la table d'enclenchement, mais la position des aiguilles ne serait pas conforme à la manœuvre effectuée.

Enfin la manœuvre à distance des appareils au moyen des transmissions mécaniques exige parfois de grands efforts de la part des signaleurs dont la fatigue croît avec la distance des appareils et le nombre des leviers.

On donne au problème des enclenchements une autre solution qui paraît en même temps plus satisfaisante en employant l'eau sous pression, l'air comprimé ou les courants électriques.

Les transmissions pneumatiques ne sont appliquées qu'en Amérique à titre d'essai et nous ne pouvons que citer en passant le système Westinghouse qui repose sur ce principe.

ENCLENCHEMENTS HYDRODYNAMIQUES

Les systèmes d'enclenchements mécaniques peuvent encore être remplacés par des appareils hydrodynamiques qui, à égalité de fonctionnement, présentent sur les précédents de réels avantages. Tel est le système Bianchi-Servettaz employé communément en Italie et utilisé sur certains points par les Compagnies de Lyon, d'Orléans et du Midi.

Un accumulateur central, actionné par une pompe à bras (1), exerce une pression constante sur un liquide (constitué en hiver par un mélange d'eau et de glycérine) qui la transmet à distance aux aiguilles et signaux à manœuvrer. Par suite les opérations de manœuvre se bornent au simple déplacement des organes de distribution qui n'exige plus qu'un très petit effort.

Avec ce système, les aiguilles sont enclenchées dans leur position finale contre le rail par un arrêt spécial dont la rotation donne dans la cabine un contrôle hydraulique de l'enclenchement. Ce contrôle automatique n'a lieu que lorsque l'aiguille est en parfaite adhérence avec le rail et ce n'est que quand il a été reçu en

(1) On se propose à la Compagnie de Lyon de remplacer, pour la manœuvre de la pompe au poste de Bercy, le bras de l'homme par une dynamo qui se mettrait automatiquement en marche au moment où la diminution de pression ferait descendre l'accumulateur et qui s'arrêterait d'elle-même quand la pression constante serait rétablie dans la conduite.

cabine que peut se faire l'achèvement de la manœuvre du levier et par suite les enclenchements et déclenchements.

On manœuvre avec un seul levier, qui, en réalité, se réduit à une manette, le changement, le verrou et la pédale de calage, il en résulte qu'il suffit pour loger ces appareils d'une cabine de proportion moindre que celle du système Saxby et Farmer.

Le schéma ci-joint *(fig. 5)* des communications explique le fonctionnement de l'appareil.

Une aiguille comporte 4 tubes : P tube de pression constante, M tube de manœuvre, C tube de contrôle, D tube de décharge.

La pression constante (50 *atm*) exercée par l'accumulateur agit par les tubes P_1 et P sur le piston p qui commande l'aiguille dans sa position normale et dont la section est de 5 cm^2 : cette aiguille adhère ainsi contre le rail avec une force de 250 *kg*. En même temps un branchement p^3 amène cette pression au distributeur d_1 dont le tiroir dans sa position normale met en communication les deux tubes C et D. De même, en cabine, la pression arrivant par le tube P_2 se trouve arrêtée par le tiroir de distribution *d*.

Renversons le levier de manœuvre, ce qui s'opère en tournant de 60° le levier de la position inclinée vers la position verticale. Ce levier tourne d'abord de 45° seulement et est alors arrêté par une came qui n'autorisera la rotation des derniers 15° et par suite les enclenchements nouveaux que quand le contrôle de la manœuvre aura bien été effectué. Nous déplaçons ainsi le tiroir de distribution de cabine *d*, la pression passe de P_2 dans le tube M qui aboutit au cylindre du gros piston p_1 dont la section est de 10 cm^2. Il y a bien égalité de pression entre les tubes P et M, mais comme la section p_1 est double de celle de p, elle reçoit un effort double et la tige commune à ces deux pistons différentiels se déplace dans le sens de la flèche. Ce déplacement entraîne celui de l'aiguille par un mécanisme non figuré sur le schéma.

Lorsque le changement de voie a été bien arrêté dans sa nouvelle position, un organe commandé soit par le mécanisme précédent, soit directement par l'aiguille, déplace le tiroir du distributeur d_1 dans le sens de la flèche, on met ainsi en communication le tube P par p_3 avec le tube C. La pression se transmet par ce tube de contrôle dans le cylindre E dont le piston plongeur relève la came d'arrêt du levier ; cette came libère le levier qui peut achever son dernier quart de tour (15°) et devenir vertical en actionnant la tige verticale *t* qui s'engage dans la table d'enclenchement.

Chaque levier commande ainsi à la fois son tiroir respectif *d* au moyen d'un excentrique et la tringle verticale d'enclenchement.

Quand on ramène le levier à sa position normale de 3/4 de tour, on relève le tiroir *d*, ce qui a pour effet de mettre le tube M en communication avec la bâche de décharge B ; alors à l'aiguille la pression de 500 *kg* sur le gros piston p_1 devient nulle, la pression constante du tube P agit seule sur le piston *p*, le ramène en sens inverse de la flèche en remettant l'aiguille dans sa position normale. En même temps, par cette même manœuvre, le tiroir du distributeur de l'aiguille d_1 revient en sens inverse en remettant en communication le tube de contrôle C avec le tube de décharge D qui aboutit au réservoir de décharge R. La pression tombe au-dessous du piston plongeur E qui, sous l'action de son contrepoids π, retombe en entraînant la came d'arrêt, ce qui permet d'effectuer le dernier quart de rotation et de ramener le levier à sa position d'enclenchement primitive.

Lorsqu'il s'agit de manœuvrer deux ou plusieurs aiguilles par un seul et même levier, le principe du fonctionnement reste exactement le même *(fig. 5 bis)*: les tubes de pleine pression P et de décharge D ont un embranchement à chaque aiguille, le tube de manœuvre M aboutit à la première aiguille et le tube de contrôle à la dernière ; le distributeur de la première est relié au gros cylindre de la seconde par une conduite CM, de sorte que, la première aiguille étant faite, la pression P passe par le distributeur de cette première aiguille, par le tube CM, agit sur le gros piston de la deuxième aiguille qui se fait à son tour et qui donne alors seulement le contrôle en cabine.

Ainsi donc, qu'il s'agisse d'une aiguille seule ou de plusieurs aiguilles, la disposition du contrôle adoptée constitue une garantie réelle et effective du fonctionnement parfait des aiguilles.

Cet appareil est installé à Paris-Bercy ; la cabine comprend seize leviers, dont cinq pour les aiguilles, huit pour les signaux et trois en attente. Le réservoir des pompes, placé en bas de la cabine, a une capacité de 250 *l* ; il est alimenté par deux pompes de 18 *mm* de diamètre actionnées par un volant dans la cabine même. La capacité de l'accumulateur est de 10 *l*. De l'accumulateur, l'eau se rend à un collecteur d'où partent :

1° Les tubes de pression constante ;

2° Deux groupes de huit tubes dont chacun se rend au distributeur de chaque levier d'aiguille et de signal. Le distributeur

de chaque aiguille est identique à celui-ci ; pour les signaux, on n'en emploie pas. Ils sont manœuvrés par fil ; l'eau agit en cabine directement dans un cylindre vertical sur un piston qui commande ce fil ; la course du piston est assez grande pour assurer une tension constante du fil, quelle que soit la distance du signal : elle est au maximum de 0,40 *m* pour les signaux carrés, de 0,52 *m* pour les signaux avancés. Pour la montée du piston, la pression est étranglée ; pour la descente, c'est-à-dire pour la mise à voie libre du signal, c'est le levier de contre-rappel de celui-ci qui ramène le piston dans son cylindre et la décharge se fait à plein orifice. La batterie des pistons de signaux est placée au bas de la cabine sur un bâti adossé au mur.

Les leviers de manœuvre sont alignés dans la cabine à la partie supérieure d'un bâti qui porte sur le devant la table d'enclenchement.

Les enclenchements entre les leviers sont réalisés *(fig. 6 et 7)* au moyen de barres verticales portant des encoches et de barres horizontales portant des taquets qui peuvent pénétrer dans les encoches ou en être chassées par le déplacement des barres verticales, lorsque cela est possible.

La manœuvre d'aiguille *(fig. 8, 9 et 10)* est effectuée au moyen d'un appareil placé perpendiculairement à la voie, auquel aboutissent les quatre tubes PMCD. Le mouvement des pistons se transmet à une équerre articulée en *n* à un balancier *not*, ayant son centre d'oscillation en *o;* cette équerre est reliée, en outre, en *n'* à une bielle commandant l'arbre *q*, qui porte à ses deux extrémités les cames *r* et *r'*. Chacune de ces cames cale à son tour l'aiguille dans une de ses deux positions. L'arbre *q* porte en outre, à l'une de ses deux extrémités, les manivelles *s* et s_1, dont l'une actionne la pédale et l'autre les pièces de commande du tiroir de contrôle.

Pendant la première période de la manœuvre des pistons, le balancier est fixe et l'équerre pivote autour du point *n*, en faisant tourner l'arbre *q* jusqu'à ce que la came qui verrouillait l'une des branches de l'aiguille se soit effacée ; à ce moment, les deux cames sont venues s'engager sous l'aiguille et l'arbre se trouve arrêté dans sa rotation ; l'aiguille, au contraire, est devenue libre et, avec elle, le balancier *ont;* la seconde période commence. Le point *n* est maintenant fixe et le balancier pivote autour du point *o* en entraînant par la bielle *t* l'aiguille qui vient se coller contre le rail opposé de la voie. Alors le balancier redevient fixe

et le point *n* mobile ; l'arbre *q* finit sa rotation ; la deuxième cale se relève et cale à son tour l'aiguille dans cette position inverse : c'est pendant cette troisième période que le contrôle se trouve actionné par sa bielle.

La Compagnie de Lyon a encore installé le système à transmission hydrodynamique à Genève et à Nice. La Compagnie d'Orléans a monté deux postes d'enclenchement de ce système à Bourges et à Nantes. Celui de Bourges a 22 leviers et fonctionne depuis deux ans. Celui de Nantes, qui vient d'être terminé, a 35 leviers. 409 leviers sont en usage sur le réseau italien de la Méditerranée ; 192 sur les chemins de fer Méridionaux italiens.

Le système Bianchi-Servettaz présente de nombreux avantages. Il permet de reculer à une distance quelconque la manœuvre des changements de voie, qui, avec les enclenchements mécaniques, ne peut se faire au delà de 300 *m*, et il conserve toujours une sécurité absolue du fonctionnement des aiguilles. Il n'exige pas de compensateur pour les variations de température. Il réduit au minimum l'effort de la manœuvre, puisque les opérations se bornent au déplacement du tiroir des distributeurs de l'eau sous pression, et il permet de réduire les frais de personnel. C'est ainsi qu'un appareil Saxby de 24 leviers exigera deux agents pour la manœuvre, tandis qu'avec un appareil Bianchi-Servettaz, pour un même nombre de leviers, un seul agent suffit. Dans le système Saxby, le verrouillage des aiguilles nécessite un levier distinct, tandis qu'avec celui-ci, un seul levier manœuvre l'aiguille, le verrou et la pédale ; si l'on remarque, en outre, que la longueur des leviers est très faible, puisqu'ils se réduisent à des poignées, on se rendra compte que l'appareil central occupe un emplacement très réduit. Ce système a, enfin, une grande supériorité, en ce qu'il donne un contrôle automatique des opérations qui prend son origine sur l'aiguille elle-même, contrôle réel et impératif, sans lequel ne peut se terminer la manœuvre, c'est-à-dire les enclenchements en cabine.

L'emploi de l'eau sous pression est donc une solution des plus satisfaisantes, à condition de maintenir la pression constante au moyen d'un accumulateur, d'éviter les fuites et de se servir d'eau bien propre.

ENCLENCHEMENTS ÉLECTRIQUES

L'électricité, à laquelle on demande déjà le contrôle des enclenchements mécaniques et sans laquelle n'existerait pas la sécurité des manœuvres, permet encore de résoudre toutes les questions d'enclenchement de la manière la plus simple possible, en présentant tous les avantages qui viennent d'être constatés par l'emploi de l'eau sous pression.

Nous commencerons par rappeler l'intéressante étude de M. Loppé, parue dans le numéro d'octobre 1892 du Bulletin de la Société, relative aux enclenchements électriques appliqués par les chemins de fer de l'État, et nous prions nos lecteurs de s'y reporter. Nous décrirons ici d'autres appareils réalisant les mêmes enclenchements en utilisant soit des courants de pile, soit des courants d'induction, en particulier les verrous et commutateur de la Compagnie de Lyon, le verrou Siemens et le disque électrique de M. Dumont.

La Compagnie de P.-L.-M. emploie les verrous électriques pour enclencher des leviers isolés ou placés dans des postes éloignés les uns des autres.

Elle utilise deux sortes de verrous : le n° 1, spécialement destiné aux postes Saxby; le n° 2, destiné à être fixé sur une traverse à proximité du levier à enclencher, qu'il soit isolé ou qu'il fasse partie d'une table Viguier.

Verrou électrique n° 1 *(fig. 11)*.

Il se compose d'une boîte en fonte A que l'on fixe sur la traverse supérieure du bâti qui supporte les grils d'enclenchement, et d'un secteur B boulonné sur le gril même du levier à commander. Sur ce secteur est ménagé un trou F dans lequel pénètre, à travers une ouverture-guide C, la tige L qui y descend de son propre poids, en l'absence de tout courant. Le gril se trouve donc ainsi rendu solidaire du bâti, tant que la tige L n'est pas relevée. A cet effet, cette tige est reliée à deux bras *tt'* mobiles autour de deux axes *o* et *o'* réunis entre eux par la bielle *t''*, et elle peut suivre les oscillations de ce balancier *tt't''* en se déplaçant dans le sens vertical. Pour cela, le bras *t* porte à son extrémité une armature D susceptible d'être attirée par l'électro-aimant E. Quand un courant traverse cet électro; D est attirée, le balancier oscille au-

tour de ses axes *o* et *o'*, et la tige L relevée dégage le trou F du secteur. Le gril devient alors libre, ainsi que le levier correspondant qui peut être manœuvré. Pour renseigner le signaleur sur la situation de son levier, un voyant rouge V fixé sur une tige *l* suit les oscillations du balancier et paraît devant une ouverture ménagée dans la boîte de l'appareil, lorsque le secteur est enclenché par la tige L et qu'aucun courant ne traverse l'électro-aimant E; ce voyant disparaît quand un courant attirant l'armature vient relever la tige L en libérant le levier.

Cet appareil comporte un commutateur K, placé au fond de la boîte A, qui a le double but suivant :

1° Quand ce verrou n° 1 enclenche son levier et en rend la manœuvre impossible, ce commutateur permet le passage d'un courant à travers d'autres verrous actionnant d'autres leviers, de manière que la manœuvre de ces leviers soit possible.

2° Quand le verrou actuel n° 1 n'enclenche plus son levier et que la manœuvre de ce dernier est possible, le commutateur K rompt le circuit précédent, de sorte que la manœuvre des autres leviers solidaires de ces autres verrous est rendue impossible.

A cet effet, ce commutateur K est muni d'une tige de commande *m* qui pénètre dans une rainure pratiquée dans le secteur B. Quand la manœuvre du levier est possible, ce secteur tourne avec le gril auquel il est fixé, la tige est entraînée et la lame de cuivre du commutateur abondonnant les plots avec lesquels elle était en contact, le circuit est interrompu.

Verrou n° 2 *(fig. 12 et 13).*

Il sert à enclencher soit des leviers isolés, soit des leviers de postes Viguier. Il se compose d'une boîte en fonte à la base de laquelle peut glisser, sur la gorge de deux poulies P et P', une règle rectangulaire en fer S rendue solidaire du levier auquel elle est reliée soit par un prolongement de la tringle de transmission, soit par une tringle spéciale. Cette barre S porte une entaille K où tombe un verrou V qui l'immobilise; pour qu'elle soit libre et que, par suite, la manœuvre du levier correspondant soit possible, il faut que ce verrou soit relevé. Ce relevage se fait à la main au moyen d'une poignée M qui tourne de droite à gauche autour de l'axe *o*, auquel est fixée une glissière G qui entraîne le tenon *g* du verrou V et soulève ce dernier.

La rotation de la poignée ne peut se faire quand le voyant X

paraît devant une fenêtre pratiquée dans la boîte et est au rouge. Il faut que ce voyant ait disparu et découvert le voyant fixe qui est blanc, ce qui n'est réalisé que quand la permission en a été donnée par le poste enclencheur en relation électrique avec celui-ci. Tant qu'un courant ne passe pas dans l'électro E, le ressort à bouton *r* maintient relevée son armature D, à laquelle est fixé un doigt d'arrêt N mobile autour de l'axe *o'*. Ce doigt N vient alors buter contre une came F fixée à l'axe *o* et empêche, par suite, la rotation de cet axe. Quand, au contraire, un courant est envoyé dans l'électro E, celui-ci attire son armature D, le doigt d'arrêt tourne vers la gauche et dégage la came F. L'agent du poste en est averti par le changement de voyant X solidaire du doigt N. Il peut donc, tant que le courant est maintenu dans l'électro, agir sur la poignée M, dégager la barre S et, par suite, manœuvrer son levier.

Quand la poignée est arrivée à fin de course à gauche, le verrou V relevé tendrait à retomber sous l'action de son poids et de celui de la glissière G qui est supérieure au poids de la poignée, mais il porte une entaille B dans laquelle vient s'engager, dès qu'elle se présente, un cliquet R qui y tombe sous l'action de son propre poids, en tournant autour de l'axe O″ et qui maintient le verrou relevé tant que la manœuvre de la barre et du levier n'a pas été faite. L'agent manœuvre donc ce levier en tirant librement sur la barre S.

Quand il va ramener son levier à sa position primitive, cette barre S reviendra également en arrière. Mais elle porte un plan incliné Q qui, dans ce mouvement, rencontrant le talon du cliquet R le fait basculer et dégager l'encoche B. Le verrou tombe aussitôt sur la barre et dès que l'entaille K se présente, il y pénètre par son poids en enclenchant la barre et immobilisant le levier. En même temps l'arbre O a tourné de gauche à droite et, comme le courant ne passe plus dans l'électro E, le doigt d'arrêt est revenu se placer au-dessous de la came, de manière à empêcher une nouvelle rotation de l'axe O et par suite une nouvelle manœuvre qui ne serait pas autorisée.

Tant que la manette M n'est pas manœuvrée de gauche à droite, le courant d'autorisation doit traverser l'électro E; dès qu'elle est manœuvrée, ce courant doit être interrompu. C'est ce qui est réalisé au moyen d'un secteur circulaire A recouvert d'une plaque d'ébonite CC′ et portant un contact métallique reliant des ressorts de contact isolés les uns des autres et fermant le circuit d'autori-

sation. Quand la manette est manœuvrée, le secteur tourne avec l'axe O, les ressorts sont isolés et le courant est interrompu.

Commutateur-répétiteur *(fig. 14 et 15).*

Ces appareils peuvent être commandés par un commutateur répétiteur placé à la disposition du chef de gare pour permettre la manœuvre des leviers commandés par les verrous 1 et 2 et indiquer en même temps la position réelle de ces derniers.

Ce commutateur-répétiteur se manœuvre au moyen d'une manette M que l'on peut amener sur l'une ou sur l'autre des deux indications « Autorisation » ou « Interdiction » placées sur le couvercle de la boîte qui le renferme.

Lorsque la manette est sur « Interdiction », aucun courant ne passe dans le verrou correspondant qui ne peut donc être manœuvré par suite du verrou qui l'enclenche.

Si on amène cette manette sur « Autorisation », la goupille *t* du secteur S soulève le ressort *r'* et le met en contact avec la borne W, le circuit est alors fermé par l'électro E de l'appareil dont la palette inférieure, D, est maintenue attirée, par le ressort *r'*, la vis W et l'électro du verrou commandé qui est ainsi déclenché. En même temps, par la rotation de la manette du commutateur, l'encoche F du secteur S' est venue se placer en face du butoir *a*, de sorte que si l'on manœuvre le verrou, ce qui a pour effet, comme on l'a vu, de couper le circuit, la palette D n'étant plus retenue par l'attraction de l'électro E pivote autour de l'axe O' par son seul poids, en entraînant le levier *r* et le butoir *a* qui s'engage dans l'encoche F. Tant que ce circuit est interrompu, il n'est pas possible de ramener sur « Interdiction » la manette du commutateur qui se trouve enclenché par le butoir *a*; et ce circuit est interrompu tant que le levier commandé est renversé. Lorsque ce levier est revenu dans sa position primitive, les contacts du verrou ont refermé le circuit sur l'éléctro E de l'appareil dont la palette D se trouve à nouveau attirée, de sorte que le butoir *a* a dégagé l'encoche F du secteur S'; c'est seulement alors que le chef de gare peut ramener sur « Interdiction » la manette de l'appareil.

Celle-ci étant ramenée sur « Interdiction », le circuit est de nouveau coupé et le butoir *a* s'appuyant sur S' maintient le levier *r* écarté vers la droite. Il est donc impossible à l'agent du poste de manœuvrer son levier.

Le commutateur-répétiteur donne à l'agent de la gare la position exacte du verrou dans l'encoche : à cet effet, un voyant rouge portant l'inscription « Levier N normal » (N étant le numéro du levier commandé) est visible tant que la manette est sur « Interdiction » et, si la manette est sur « Autorisation », tant que le levier ou le verrou, suivant le cas, n'a pas été effectivement manœuvré. Un voyant blanc, portant l'inscription « Levier N renversé » dont le mouvement est solidaire de celui du levier *r*, vient masquer le voyant rouge pendant le temps où l'interruption du courant dans l'électro E produite par la manœuvre du levier ou du verrou a permis la chute de la palette D et l'entrée du butoir *a* dans l'encoche F ; il disparaît aussitôt que le circuit est de nouveau fermé et que, par suite, D est de nouveau attiré par E.

Ce commutateur remplit donc les quatre conditions suivantes :

1° Il permet d'envoyer un courant dans le verrou commandé et, par suite, d'autoriser la manœuvre du levier correspondant ;

2° Il permet d'interdire la manœuvre du levier en interceptant le circuit dans le verrou ;

3° Il indique, au point où il est placé, la position réelle du levier commandé ;

4° Le commutateur ayant été placé sur « Autorisation » ne peut être remis sur « Interdiction » qu'autant que le verrou commandé enclenche le levier correspondant.

Les figures nos 16 à 20 ont pour but de montrer diverses combinaisons qu'on peut réaliser au moyen des trois appareils précédents.

Les figures 16 et 17 donnent l'adaptation à un levier de manœuvre d'un commutateur spécial type Est commandant un verrou électrique n° 1 ou n° 2. Ce cas se présente quand un levier A d'aiguille ou de signal doit enclencher sans réciprocité, dans une de ses positions, normale ou renversée, un autre levier B placé à distance. Le premier est muni d'un commutateur spécial permettant d'envoyer ou d'interrompre un courant qui traverse le verrou placé sur le deuxième levier.

La figure 18 représente un verrou électrique n° 1 commandé par un commutateur de gare ; la figure 19, ce verrou n° 1 commandé par un autre verrou n° 1 ; la figure 20, ce même verrou commandé par un verrou n° 2. On peut imaginer de même plusieurs verrous n° 1 ou 2 commandant ce verrou n° 1 : il suffit de les monter en embrochage dans le même circuit.

Enfin lorsque deux leviers sont enclenchés réciproquement et se trouvent dans la position où le circuit est interrompu, si l'on veut que l'un d'eux puisse être libéré par l'intervention d'un troisième levier, on met à celui-ci un commutateur qui, en même temps qu'il coupe le circuit du côté du levier qu'on veut maintenir enclenché, donne une terre à la pile placée à dessein du côté du levier que l'on veut rendre libre.

Qu'il nous soit permis, en terminant cette description, d'adresser à l'éminent Ingénieur chef du service télégraphique de la Compagnie de Lyon, M. Chaperon, tous nos bien vifs remerciements pour la bienveillance avec laquelle il s'est mis à notre disposition pour nous mettre à même de faire fonctionner les appareils précédents devant les membres de notre Société ; nous ne ferons, du reste, qu'exprimer le sentiment général, unanime à constater que l'urbanité la plus aimable et la plus parfaite obligeance sont depuis longtemps de tradition au service télégraphique de la Compagnie P.-L.-M.

Verrou électrique Siemens.

Au lieu d'employer des courants de pile pour le déclenchement des verrous, on peut employer des courants d'induction. Soient un disque avancé commandant la voie I et une aiguille donnant accès sur cette voie principale, on munit chacun de leurs leviers d'un verrou électrique de façon à rendre leurs manœuvres absolument solidaires. L'enclenchement des verrous du disque et de l'aiguille se fait à la main à l'aide d'une clé spéciale de sûreté et cette manœuvre produit des contacts électriques. Le verrou d'aiguille n'est enclenché que dans la position normale ; le verrou du levier du disque n'est enclenché que quand celui-ci est fermé. Leur déclenchement se fait au moyen de courants d'induction donnés par un inducteur Siemens muni de deux touches correspondant, l'une au disque, l'autre à l'aiguille. En appuyant sur l'une ou sur l'autre, on envoie des courants qui déverrouillent soit l'aiguille, soit le disque ; mais les courants ne sont transmis que s'il est possible de le faire sans danger, ainsi qu'il sera expliqué ci-après.

Description du verrou (fig. 21 et 22). — Cet appareil, construit par la maison Siemens, se compose essentiellement d'un socle en fonte traversé par la règle-verrou R (commandant soit l'aiguille,

soit le levier de manœuvre du disque) et portant tout le mécanisme que protège un couvercle en fonte. Celui-ci porte deux ouvertures vitrées devant lesquelles sont placés deux voyants fixes V′ V′; deux autres voyants mobiles V, en tournant autour d'un axe A′, peuvent venir démasquer les voyants fixes qu'ils cachent quand le verrou est déclenché. L'appareil est ramassé sous un petit volume mesurant 0,30 *m* de diamètre et 0,35 de hauteur.

Le mécanisme, qui rappelle celui des boîtes du block-system Siemens, est installé de la façon suivante. La règle-verrou horitale R porte une encoche dans laquelle peut tomber le cliquet d'arrêt H, des ressorts *a* tendent à l'en tenir dégagé. Une tige verticale *b* vient presser contre lui lorsqu'on donne un tour de clé au verrou. Elle peut s'abaisser sous la pression du levier C; ce levier, articulé en c_1, portant un galet *g* et terminé en *t* par une partie hozizontale, vient presser la tige *b*. Il porte autant de touches isolantes T qu'il y a d'interrupteurs ou de contacts à ressorts P. En outre, un bec t_1, faisant partie du levier C, sert à le maintenir baissé au moyen de l'entaille inférieure du doigt *f*, tant que ce doigt reste incliné à droite.

La clé est introduite sur l'extrémité triangulaire de l'arbre G portant un pignon denté engrenant avec un autre pignon fixé sur l'arbre A. Cet arbre A porte, en outre de ce pignon, trois cames : l'une correspondant aux voyants mobiles, l'autre au galet *g* du levier C; la troisième au galet g_1 du secteur denté *d*; celui-ci est monté sur l'axe *e*, qui est en partie cylindrique, en partie taillé en méplat, et qui permet ou empêche, suivant sa position, la rotation du doigt *f*.

Ainsi, en donnant un tour de clé, on fait tourner l'arbre A, et, par suite :

1° La came des voyants mobiles les relève jusqu'à démasquer les voyants fixes;

2° La came du galet *g*, commençant à presser sur lui, fait abaisser le levier C qui produit l'enclenchement de la règle-verrou. Au moment où cet enclenchement est réalisé, la came des voyants les abandonne et ceux-ci sont retenus par un butoir placé sur le levier C qui qui les empêche de tomber ;

3° En même temps la troisième came vient presser contre le galet g_1, abaisse le secteur denté *d* qui fait osciller le levier à becs d'échappement *c* dont le bec inférieur à pied de biche pivote autour de son axe pour laisser passer les dents du secteur. Quand l'axe *e* a achevé son mouvement, son méplat est tourné de telle sorte que

le doigt f, qui passe d'abord sous ce méplat, vient ensuite buter sur la partie ronde et ne peut se déplacer vers la gauche. L'entaille inférieure du doigt f, retenant alors le bec t_1, empêche le relèvement du levier C qui presse sur la tige b.

A la fin de la rotation de l'arbre A, les deux cames des galets g et g_1 les abandonnent, la tige b reste abaissée par le levier C, et la règle-verrou R reste enclenchée. L'agent le contrôle par la couleur des voyants, qui a changé. Dans cette position du levier C, par l'intermédiaire des touches isolantes T, on produit le rapprochement des lames p et p', de sorte que le circuit électrique de chaque interrupteur est ainsi fermé quand la règle-verrou est enclenchée, tandis qu'il est ouvert dans le cas contraire.

Le déclenchement électrique s'obtient très facilement du poste de gare au moyen de l'inducteur Siemens. Les courants alternatifs arrivent aux interrupteurs pp' actuellement au contact, et de là dans la bobine B dont l'armature est polarisée par l'aimant permanent L et est fixée sur le même axe que le levier c à becs d'échappement. Les oscillations de l'armature entraînent celles du levier c dont les becs engrènent avec ceux du secteur d qui est attiré en haut par un ressort à boudin et est obligé de tourner en même temps que son axe e. La partie méplate arrive ainsi en regard du doigt f qui, n'étant plus retenu, revient de suite à gauche : son entaille abandonne le levier c qui remonte aussitôt, ainsi que la tige b, sous l'action des ressorts a qui dégagent le cliquet H. En même temps les voyants mobiles, n'étant plus retenus par le butoir du levier C, retombent et reviennent masquer les voyants fixes. L'aiguilleur est donc averti que son aiguille est déverrouillée.

Prenons l'exemple le plus simple de l'application de ce verrou (le schéma du montage est indiqué *fig. 23*).

Le levier de manœuvre du disque situé près du poste sémaphorique de la gare et le levier de l'aiguille placé à distance sont munis tous deux du verrou précédent. Le voyant mobile du verrou V' du levier du disque avancé est blanc ; il est rouge pour le verrou V du levier de manœuvre de l'aiguille.

Pour déclencher le verrou du disque, du poste de la gare, on appuie sur le bouton b' et l'on tourne la manivelle de l'inducteur I. Pour déclencher le verrou de l'aiguille V, on appuie de même sur b en tournant la manivelle de l'inducteur. B et B' sont les bobines des verrous ; pp, p_1p_1.... $p'p'$, $p'_1p'_1$ sont les contacts

électriques qui sont rompus quand le verrou est déclenché et fermés quand il est enclenché.

S est la sonnerie de contrôle du verrou d'aiguille V : elle tinte quand ce verrou enclenche l'aiguille dans la position normale et que le disque est fermé et aussi son verrou enclenché. Le chef de gare est donc prévenu par elle qu'il peut permettre des manœuvres sur les voies de garage, en envoyant un courant d'induction qui déverrouille le levier d'aiguille V. Ces manœuvres terminées, l'aiguille remise à voie normale et verrouillée, la sonnerie S recommence à trembler. Le chef de gare averti peut faire déverrouiller le disque et le remettre à voie libre.

S′ est la sonnerie trembleuse du disque avancé; elle indique que le disque est fermé et, de plus, enclenché.

Si l'aiguilleur une fois les manœuvres terminées, oubliait de verrouiller son aiguille, la sonnerie S′ sonnerait bien, mais non pas la sonnerie S. Le chef de gare ne pourrait pas déverrouiller le disque, car le courant envoyé en tournant l'inducteur I et appuyant sur la touche *b′* s'arrête aux contacts *pp* qui sont interrompus alors.

Le disque ne peut être mis à voie libre que si l'aiguille est bien verrouillée dans sa position normale. D'autre part, si l'on remet ensuite ce disque à l'arrêt sans le verrouiller, on ne pourra pas ouvrir l'aiguille, par suite de l'interruption des contacts $p_1' p_1'$.

Au lieu d'une seule aiguille, on peut en supposer plusieurs, protégées par un même disque avancé : à chacune d'elles on ajouterait ce verrou Siemens. On aurait ainsi autant de verrous dont le déclenchement serait commandé de la gare. En les montant tous en tension, un seul coup d'inducteur, en appuyant sur la touche *b*, les déverrouillerait tous ensemble. Si l'on voulait les rendre indépendants, il suffirait de mettre sur l'inducteur autant de touches que de verrous, avec un montage de fils différent du montage figuré au schéma.

Notons enfin que ces verrous, qui ne sont déclenchés que par des courants alternatifs évitant l'emploi des piles, ne peuvent être dérangés par des causes extérieures : courants atmosphériques, courants de pile; de plus, leur mécanisme intérieur est à l'abri des poussières et de la pluie.

Les verrous Siemens ne se réenclenchent pas automatiquement après le retour de la règle-verrou, ainsi que cela se fait avec les appareils de la Compagnie de Lyon. Ces derniers permettent cependant, dans certains cas, de laisser libres les leviers d'aiguille

de garage : on met à cet effet à la disposition de l'agent une clé qui maintient le verrou relevé et, par suite, le circuit électrique interrompu de manière que le signal soit conservé à l'arrêt pendant toute la durée des manœuvres sur ces voies de service ; cette clé pénètre par une ouverture pratiquée au bas de la boîte du verrou n° 2, ainsi que l'indiquait la figure 13.

Les verrous Siemens sont appliqués notamment sur les chemins de fer de l'État néerlandais, où, dans le cas de certaines bifurcations que viennent engager des manœuvres de gare, on les combine encore avec des pédales. Une solution analogue a été adoptée par les chemins de fer de l'État français.

Dans le cas où les manœuvres de la gare empruntent la bifurcation, l'aiguilleur les couvre en mettant à l'arrêt les signaux des deux directions. Mais il peut arriver qu'après avoir ouvert les signaux d'une direction, l'aiguilleur donne la voie à une manœuvre de gare en remettant préalablement à l'arrêt les signaux de cette direction, alors qu'un train avait déjà franchi le signal avancé ouvert. Le mécanicien, ne s'attendant pas à trouver le signal carré fermé, pourrait ne pas ralentir assez à temps la vitesse de son train pour en empêcher la rencontre avec le train qui manœuvre. Le même accident pourrait se produire entre deux trains venant par les directions A et B. Pour l'éviter, il importe de compléter l'enclenchement des signaux de façon que, si un train franchit un signal avancé ouvert, le signal carré correspondant ne puisse plus être fermé.

Les chemins de fer de l'État obtiennent ce résultat au moyen des dispositions suivantes :

Une pédale électrique est placée près de chacun des signaux avancés et des signaux carrés ; deux relais sont installés près des leviers de manœuvre des signaux carrés, sous les yeux de l'aiguilleur ; les deux leviers de manœuvre des signaux carrés sont munis des calages électriques décrits par M. Loppé dans sa note précédemment rappelée.

A l'état d'attente, les leviers sont libres et ne sont actionnés par aucun courant ; les signaux avancés et les signaux carrés sont fermés ; les disques des relais sont au blanc. Si un train, venant par la direction A, rencontre le signal avancé ouvert, son passage sur la première pédale fait paraître un disque rouge au relais A. Ce mouvement du signal du relais coupe le circuit de la pile qui actionne le levier du signal carré de la voie A et l'immobilise, de

manière à empêcher qu'on puisse le fermer. Quand le train arrive au signal carré, il rencontre une seconde pédale qui remet le signal du relais au blanc et débloque le levier de la voie A. C'est seulement après ce passage sur la pédale que l'aiguilleur peut fermer le signal carré. Lorsque l'aiguilleur manœuvre son levier A, il immobilise son levier B et inversement, et les deux signaux carrés ne peuvent jamais être ouverts ensemble.

Les pédales, quel qu'en soit le type adopté, et maintenant on en possède dont les ratés sont insignifiants, ont, en outre de l'heureuse application précédente, d'autres emplois dans le service des chemins de fer. Elles servent en particulier à avertir, aux postes de bifurcation, de la direction suivant laquelle un train se présente, et à permettre ainsi de disposer les leviers de manière à lui donner passage; elles servent à prévenir dans les gares les agents et les voyageurs du passage du train attendu au pied du disque avancé. Placées enfin dans le circuit d'un disque électrique, elles en réalisent la fermeture automatique par les roues du train lui-même interrompant le courant continu qui le maintenait à voie libre.

Disques électriques.

Nous choisirons comme exemple de disque électrique celui de M. Dumont, Ingénieur des Services techniques de la Compagnie de l'Est, auquel nous adressons ici nos bien sincères remerciements pour avoir mis à notre disposition le modèle réduit qui a été présenté à la Société et a très bien fonctionné.

Le disque électrique du système de M. Dumont se compose (*fig. 24 et 25*) :

1° D'un arbre vertical portant deux cames servant à lui imprimer les mouvements de rotation convenables ; à la partie inférieure de cet arbre, on a placé une butée qui limite sa course à un quart de tour (c'est cet arbre qui porte la poulie commandant la chaîne du disque);

2° D'une roue portant cinq dents d'une forme particulière, calée sur un arbre horizontal supportant d'autres pièces dont il sera parlé tout à l'heure ; les cinq dents de cette roue concourent successivement au déplacement de l'arbre vertical du moteur, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; à cet effet, les deux cames de cet arbre (dont il a été question plus haut) sont placées l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la circonférence

de la roue. Si une dent se présente devant la came supérieure, elle la pousse; pendant ce temps, la came inférieure se meut dans l'intervalle de deux dents. Au déclenchement suivant, au contraire, c'est la came inférieure qui est poussée et la came supérieure se meut entre deux dents. La circonférence de la roue à cinq dents tourne de droite à gauche en haut et de gauche à droite en bas : il en résulte que les mouvements communiqués à l'arbre vertical par l'intermédiaire des cames sont alternativement de sens contraire.

L'arbre horizontal du moteur porte, outre la roue à cinq dents dont il a été question ci-dessus, un treuil à encliquetage et une autre roue à dix dents; ces dents, de forme trapézoïdale, servent à relever un contrepoids qui, à chaque déclenchement, est dégagé et permet à l'arbre horizontal de faire un dixième de tour. Dès que ce contrepoids a été relevé, il cale tout le système et empêche tout mouvement en avant et en arrière.

Le déclenchement électrique est double, c'est-à-dire que l'armature de l'électro-aimant porte deux crochets pouvant être pris entre deux leviers relativement légers. L'un de ces leviers est en prise lorsque l'armature est au contact, l'autre lorsqu'elle est écartée; ils tendent tous deux à s'écarter de la position d'enclenchement sous l'action d'un contrepoids et fonctionnent exactement dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que leur déplacement a pour effet de faire tourner d'un dixième de tour l'arbre horizontal.

Ces leviers sont alternativement réenclenchés par des goupilles implantées alternativement sur les deux faces de la roue à dix dents trapézoïdales.

C'est le déplacement de ces leviers qui permet l'échappement du contrepoids calant; cet échappement a été réalisé d'une façon très simple : l'arbre de pivotage des leviers est entaillé; lorsque le levier se relève, cette entaille se présente devant un bec solidaire du contrepoids calant et le laisse passer si le levier est enclenché; le bec repose, au contraire, sur la partie ronde (non entaillée) de l'arbre de pivotage et se trouve ainsi retenu.

Sur le treuil est enroulée une corde métallique au bout de laquelle est attaché le poids moteur.

Ajoutons enfin que la roue à cinq dents du moteur porte sur une de ses faces dix becs en bronze qui viennent s'appuyer tour à tour sur la partie ronde de l'arbre de pivotage du contrepoids calant; cet arbre est également entaillé; lorsque le contrepoids

s'abaisse, l'arbre de pivotage tourne, l'entaille se déplace et laisse passer le bec de la roue à cinq dents.

Suivons les différentes phases du déclenchement total, et, pour cela, considérons le disque dans sa position d'arrêt (voie fermée) : aucun courant ne passe dans les bobines de l'électro-aimant ; un des leviers déclencheurs est relevé, l'autre est retenu par le crochet correspondant de l'armature.

Pour ouvrir le disque, c'est-à-dire pour le mettre à voie libre, on ferme le circuit et :

(a) L'armature de l'électro-aimant est attirée ;

(b) Le levier qui était retenu se trouve dégagé ;

(c) Le contrepoids calant tombe ; l'entaille de son arbre laisse passer un des dix becs de la roue à cinq dents ;

(d) L'arbre horizontal du moteur, entraîné par le poids, fait un dixième de tour, et, pendant qu'il exécute sa rotation, il se produit les effets suivants :

La roue à cinq dents pousse l'une des cames de l'arbre vertical du moteur ; cet arbre fait un quart de tour et entraîne dans son mouvement l'arbre du disque ;

La roue à dix dents trapézoïdales fait un dixième de tour, puisqu'elle est solidaire de l'arbre horizontal du moteur, et l'une de ses dents relève le contrepoids calant, de telle sorte que le bec suivant de la roue à cinq dents rencontre la partie non entaillée de l'arbre de pivotage et se cale ;

L'une des goupilles implantées sur cette même roue à dix dents abaisse le deuxième levier déclencheur et le met en prise avec le crochet correspondant de l'armature de l'électro-aimant ; ce qui a pour conséquence le calage du contrepoids calant, puisque l'arbre de pivotage du levier présente sa partie non entaillée devant le bec de ce contrepoids.

Les choses sont ainsi remises en état ; tout le système est calé et le disque est mis à la position de voie libre.

Si l'on rompt le circuit, les mêmes effets se reproduiront, mais ils auront pour cause le déclenchement de l'autre levier ; la came actionnée sera différente et le disque se mettra à la position de voie fermée, parce que l'arbre vertical du moteur aura tourné d'un quart de tour en sens inverse.

Les phases du réenclenchement seront exactement les mêmes.

A chaque déclenchement l'arbre horizontal du moteur fait un dixième de tour ; un tour complet du treuil correspond donc à cinq ouvertures et cinq fermetures du signal. Le treuil ayant

0,10 *m* de diamètre, un tour de corde exigera une longueur de 0,315 *m* et la chute du poids sera à chaque déclenchement de $\frac{0,315}{10} = 0,0315$ *m*.

Si le poids est mouflé une fois, la hauteur de chute ne sera plus que de 0,0157.

Dans les essais faits à la Compagnie de l'Est, la corde était renvoyée par une poulie placée sur le sol et allait passer sur une autre poulie fixée au sommet de la colonne du disque, c'est-à-dire à une hauteur de 3 *m*. On obtenait ainsi, en raison du mouflage, un nombre de manœuvres égal à $\frac{3}{0,0157} = 191$, ce qui est plus que suffisant dans plupart des cas pour une période de vingt-quatre heures, si on suppose que l'on remonte le poids une fois par jour seulement. Ce remontage n'entraîne d'ailleurs aucun frais de personnel, puisqu'il est fait par l'agent chargé d'éteindre et d'allumer la lanterne du signal.

On pourrait obtenir un plus grand nombre de manœuvres sans avoir à opérer de remontage; il suffirait, en effet, de guider la descente du poids le long d'un poteau spécial suffisamment élevé; on augmenterait encore ce nombre de manœuvres, si on le jugeait nécessaire, en mouflant deux, trois ou quatre fois le poids du moteur qui, bien entendu, deviendrait deux, trois ou quatre fois plus lourd. Mais nous le répétons, dans la plupart des cas, le signal lui-même peut servir de support au poids moteur.

L'arbre horizontal du moteur porte un doigt qui entraîne une roue dentée analogue aux croix de Malte des appareils d'horlogerie; cette roue se déplace d'une dent à chaque tour du treuil et elle porte une goupille qui vient rompre le circuit du fil de ligne, lorsque le poids moteur est arrivé à fin de course. Le disque se met donc dans la position de voie fermée et, par suite, la sonnerie de contrôle tinte constamment au poste de manœuvre. Le signal restera dans cette position jusqu'à ce que l'on soit venu remonter le poids.

Dans aucun cas les dérangements qui peuvent se produire ne compromettront la sécurité de la circulation; en effet:

1° S'il y a perte de courant à la terre, et si cette perte est insignifiante, le disque fonctionnera, mais la pile se polarisera. Si, au contraire, la perte est complète, le circuit ne pouvant plus se fermer par l'électro-aimant, le courant ne passera pas dans le moteur et le disque se mettra dans la position de voie fermée:

les trains pourront être arrêtés ou retardés, mais la sécurité ne sera pas compromise ;

2° Si la pile manque, le disque se mettra encore à l'arrêt ;

3° S'il se produit une rupture du fil de ligne, il y aura encore cessation de courant et le signal se mettra à l'arrêt (c'est d'ailleurs ce qui se produit actuellement avec les disques mus mécaniquement, lorsque le fil de traction vient à se rompre). On est prévenu à la gare de ces mises à l'arrêt intempestives par le tintement continu de la sonnerie de contrôle ;

4° Si la foudre brûle le fil de la bobine de l'électro-aimant (bien que le moteur soit muni d'un paratonnerre), le disque se mettra encore dans la position de voie fermée ;

5° Si des courants atmosphériques trop faibles pour détériorer l'appareil circulent dans les bobines de l'électro-aimant, leur durée sera en tous cas très courte. Si le disque est à l'arrêt, le courant atmosphérique pourra, en attirant l'armature de l'électro, produire un déclenchement qui mettra le disque à voie libre ; mais dès que l'influence de ce courant aura cessé, c'est-à-dire une ou deux secondes après, le disque se placera à l'arrêt. Si, au contraire, le disque était à voie libre, l'électricité atmosphérique, si elle est de sens contraire à celle de la pile, pourra combattre un instant l'action de celle-ci et produire un déclenchement qui mettra le signal à l'arrêt ; mais aussitôt que le courant atmosphérique aura cessé d'agir, le signal se tournera à voie libre ;

6° La corde peut se rompre et le poids moteur tombe. Dans ces conditions, le disque ne pourra plus être manœuvré.

S'il est à l'arrêt, il y restera, ce qui n'offre aucun inconvénient au point de vue de la sécurité.

S'il était à voie libre au moment où la rupture de la corde vient à se produire, on peut, grâce à une disposition fort simple, le forcer à se remettre immédiatement à l'arrêt : en quittant le treuil, la corde passe sur une poulie de renvoi fixée sur le sol et se dirige ensuite au sommet du disque (ou d'un poteau spécial) où elle passe sur une nouvelle poulie. La poulie inférieure est articulée dans une chape qui porte un contrepoids tendant à mettre le disque à l'arrêt. Lorsque la corde est en bon état et que le poids moteur la tend, elle opère une traction sur la poulie inférieure articulée et maintient le contrepoids relevé ; si cette corde vient à casser, le contrepoids est libre de s'abaisser et le disque est immédiatement mis à l'arrêt.

Tous les cas de dérangements ont donc été prévus. Voici main-

tenant comment ce disque, dont le fonctionnement est très régulier et donne toute satisfaction, avait été mis en relation avec les autres appareils de la voie.

Dans le circuit étaient compris les appareils d'enclenchement d'aiguilles tels que la mise à l'arrêt du disque était la conséquence nécessaire de la manœuvre de ces aiguilles. Ce sont des verrous qui sont en même temps des interrupteurs de courant (*fig.* 26 et 27). Dans sa position normale, le verrou pénètre dans la barre d'enclenchement, qui est reliée au levier de manœuvre de l'aiguille, et les contacts sont établis de manière que le courant passe. Le disque est donc à voie libre et l'aiguille enclenchée à voie normale. Pour une manœuvre de gare, l'aiguilleur doit faire tourner la manette de son verrou, puis le tirer à lui de manière à dégager la barre d'enclenchement. Par cela même, les deux lames de contact ne sont plus reliées électriquement, le circuit est interrompu; l'aiguille peut être manœuvrée, mais le disque s'est déjà mis à l'arrêt. Le disque, d'autre part, ne se remettrait à voie libre que quand l'aiguilleur aurait réenclenché son aiguille, en admettant placés dans le circuit ce verrou et le disque seuls.

Mais, en outre de cette solidarité des disques et des changements de voie, on peut réaliser, ainsi qu'il a été dit plus haut, la fermeture automatique du disque avancé par le train lui-même agissant, après avoir dépassé le signal, sur une pédale également placée dans le circuit. La gare est donc aussitôt avertie du passage du train en face le disque avancé, qui, fonctionnant électriquement, peut en être distant de plus de 2 *km*. La sonnerie trembleuse de contrôle de la fermeture du disque fonctionne aussitôt.

Enfin, dans le circuit du courant continu est interposé un manipulateur de gare (*fig.* 28). Il est formé d'un électro-aimant maintenant constamment au contact sa palette, qui alors touche une vis de réglage. Le courant passe par une des bornes du manipulateur, sa palette, la vis de réglage, l'électro-aimant, et par la seconde borne il gagne le fil de ligne. A l'extrémité de la palette est un voyant à deux couleurs : le blanc paraît devant la fenêtre de la boîte quand le disque est à voie libre, alors que la palette est collée contre l'électro-aimant. La couleur rouge paraît quand le disque est à l'arrêt; alors le courant étant interrompu, la palette n'est plus maintenue attirée par l'électro-aimant et elle est tombée de son propre poids. Par son mode de montage, ce manipulateur est un interrupteur de circuit, en même temps qu'un aver-

tisseur de la position du disque. Les deux tiges verticales à ressort servent : la tige supérieure, à couper le circuit et, par suite, à mettre de la gare même, quand l'agent responsable le veut, le disque avancé à l'arrêt ; la tige inférieure, à recoller la palette et à refermer le circuit, s'il n'est pas à ce moment interrompu ailleurs, et par suite à remettre le disque à voie libre.

La palette-armature de ce manipulateur (*fig. 28*) tombe donc quand le train passe sur la pédale placée près du disque, quand on manœuvre les aiguilles, quand l'agent responsable de la gare veut fermer le disque. De plus, par l'interposition de ce manipulateur de gare, le disque qui s'est fermé ne peut pas encore se remettre à voie libre quand la pédale ou les verrous interrupteurs ont repris leur position normale ; il faut encore la volonté de l'agent responsable de la gare qui doit remettre lui-même sa palette-armature au contact.

Les appareils précédents placés dans le circuit des disques électriques pourraient être remplacés par les verrous et le commutateur de la Compagnie de Lyon ou tous autres appareils analogues. Ils ont été cités moins au point de vue de leur valeur propre qu'à celui des conditions d'exploitation à réaliser.

L'emploi des disques électriques comme signaux avancés permet de supprimer les fils de transmission mécanique qui deviendraient alors d'une transmission difficile et peu sûre.

Pour les disques ordinaires et les aiguilles dont les leviers sont isolés ou placés en des points éloignés les uns des autres, nous avons vu que l'enclenchement de ces leviers peut se faire d'une façon très simple au moyen des verrous électriques. Un même disque protégeant une ou plusieurs aiguilles, chacun de leurs leviers étant muni d'un verrou, le signal ne pourra être mis à voie libre que quand toutes les aiguilles auront été verrouillées dans la position normale, car c'est seulement dans ce cas que tous les contacts sont établis : inversement les verrous d'aiguilles ne pourront être déclenchés que quand le signal aura été mis à l'arrêt.

En outre, ces verrous peuvent être commandés d'un poste de gare au moyen de commutateurs permettant d'envoyer le courant et par suite d'autoriser la manœuvre des leviers correspondants ou d'interdire cette manœuvre en interrompant le circuit.

Tous ces commutateurs peuvent être réunis en un poste central de gare et reliés entre eux par des enclenchements mécaniques

très simples permettant de réaliser toutes les combinaisons possibles pour enclencher n'importe quels systèmes de leviers, ainsi que cela se pratique avec les appareils mécaniques : on aurait l'avantage de supprimer pour les enclenchements à distance les signaux et leviers supplémentaires actuellement nécessaires et l'emplacement en cabine serait réduit au volume minimum, ainsi que cela a lieu avec les appareils hydrodynamiques.

On obtiendrait, comme avec ces derniers, un contrôle aussi réel et aussi impératif de la manœuvre des aiguilles, prenant naissance sur l'aiguille même, en utilisant le contrôleur Chaperon pour enclencher le signal qui les protège, et de manière que les déclenchements en cabine ne soient possibles que quand les lames d'aiguilles ont été complètement appliquées contre le rail.

On peut encore associer dans le poste central de gare les commutateurs, de manière à réaliser certaines combinaisons des signaux et des aiguilles pendant la journée et d'autres combinaisons pendant la nuit, où les manœuvres de gare sont différentes.

On peut enfin compléter l'enclenchement des signaux en intercalant dans le circuit électrique des pédales, servant notamment dans le cas où des manœuvres de gare viennent engager certaines bifurcations, de manière que si un train franchit le disque avancé ouvert, le signal carré ne puisse être fermé tant que ce train circule entre les deux signaux.

Nous rappellerons, en terminant, le système Siemens et Halske d'enclenchement mixte, mécanique et électrique, placé dans un poste central sous la responsabilité directe du chef de gare, système généralement appliqué en Allemagne, et aussi les appareils d'Alsace-Lorraine dans lesquels la manœuvre mécanique du levier du signal actionne automatiquement, par le jeu d'un inducteur engrené, l'appareil électrique de commande placé au poste de gare ; dans ces systèmes on emploie toujours les courants d'induction.

En résumé, qu'on utilise l'électricité sous forme de courants d'induction ou de courants de piles, les problèmes d'enclenchement, quelle que soit leur complexité, reçoivent, grâce à elle, la solution la plus complète en même temps que la plus simple.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS ET MEMBRES

DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

NOUVEL EXCAVATEUR A CHEVAUX « NEW ERA » DE AUSTIN

PAR

M. A. ZDZIARSKI

INGÉNIEUR DES VOIES DE COMMUNICATION, DE PETROPAVLOVSK (RUSSIE)

Il y a environ dix ans qu'en Amérique a été inventé et breveté un excavateur dont le trait principal consiste dans l'application de la force des chevaux aux travaux de terrassement. Cet excavateur, perfectionné par M. Austin à Chicago, rend les travaux de terrassement bien meilleur marché que les tombereaux et même les scrapers, et son application est surtout profitable pour les terrassements pas trop importants, où le grand coût des excavateurs à vapeur ne peut pas être amorti.

Pendant mon séjour dans l'Amérique du Nord, en 1889, j'ai eu l'occasion de voir cet excavateur travailler à Ocean-Port, près de New-York, et comme je ne crois pas que ce sujet ait été traité dans la littérature technique du continent, j'espère que la présente communication aura un certain intérêt.

L'excavateur d'Austin, dont le prix à New-York est de $ 1 200, soit 6 000 *f*, convient surtout pour la construction de la plateforme des chemins de fer dans les pays de plaines et peu accidentés, par exemple les prairies de l'Amérique, les déserts de l'Afrique, les steppes de la Russie méridionale et orientale et de

la Sibérie occidentale. Aussi a-t-il été largement appliqué pendant la construction des chemins de fer de l'Amérique et surtout du « Canadian Pacific Railway », et l'année passée, par suite de ma recommandation, on a fait venir quelques-uns de ces excavateurs en Russie. Présentement, un excavateur d'Austin travaille à la construction de nouvelles lignes exécutées par la Compagnie du chemin de fer Riazan-Ouralsk ; et plusieurs excavateurs travaillent, près de Chelabinsk, à la construction du chemin de fer Sibérien Occidental, commencé cette année-ci par le gouvernement russe.

I

Description de l'excavateur « New Era » *(fig. 1 et 1 bis, Pl. 94).*

L'excavateur à chevaux d'Austin, nommé « New Era Grader », consiste principalement en un char, une charrue, un châssis avec une courroie sans fin que nous appellerons « porteur » (carrier), et un mécanisme de transmission convenable et très simple.

Le char est à quatre roues, celles de devant d'un diamètre de 0,92 *m* et celles de derrière de 1,37 *m* ; l'écartement des roues est respectivement de 1,95 *m* et 2,39 *m* ; la largeur des bandages est de 0,125 *m*. Les roues sont de système Sarven, breveté en Amérique. Sur ces quatre roues repose un châssis très fort en acier qui sert de fondation à toutes les autres parties de l'excavateur. Derrière se trouve un chariot supplémentaire à deux roues (1), écartées de 1,55 *m* ; il est destiné à pousser le grand char. Huit chevaux ou mules, attelés à ce grand char, sont guidés par un seul cocher, placé sur un siège au haut du char ; quatre chevaux sont attelés au chariot supplémentaire et ont un cocher spécial *(fig. 2, Pl. 94).*

La charrue qui ameublit et soulève la terre est ajustée à une barre horizontale, posée du côté gauche du char et ayant une petite roue de devant. Les deux extrémités de cette barre sont suspendues sur des chaînes et sont réglées à l'aide de manivelles à volants placées au sommet du char de son côté gauche.

Le porteur (carrier), ou l'appareil pour le déplacement de la terre, est installé en travers du char, c'est-à-dire perpendiculairement à son axe longitudinal. Il se compose d'un châssis intérieur

(1) Ce chariot n'est pas représenté sur les figures 1 et 1 *bis*, mais on le voit sur la figure 2.

dont la longueur peut être modifiée et d'une courroie en caoutchouc de 1,02 *m* de largeur, tendue au moyen de deux tambours de 0,25 *m* de diamètre et d'un nombre convenable de rouleaux. Tout l'appareil occupe une position inclinée sur l'horizon ; son extrémité inférieure est placée tout près de la charrue et s'élève très peu au-dessus de la surface du sol ; sa longueur peut varier de 4 *m* à 7 *m*; son extrémité supérieure peut s'élever jusqu'à 1,20 *m* au-dessus de son extrémité inférieure. La position du tambour supérieur et celle du tambour inférieur sont réglées à l'aide de deux chaînes et de deux manivelles à volants placées en haut dans la partie postérieure du char.

Le mécanisme qui met en mouvement la courroie sans fin en caoutchouc est monté de la manière suivante : une roue dentée, de 0,56 *m* de diamètre, est fixée sur la roue droite postérieure du char et de son côté intérieur ; cette roue engrène avec un pignon de 0,20 *m* de diamètre, fixé sur un arbre horizontal et parallèle à l'axe longitudinal du char. Cet arbre est joint librement à un autre arbre qui forme son prolongement et qui porte sur son extrémité une roue de 0,40 *m* de diamètre, munie de grandes dents espacées, et qui, avec le concours d'une chaîne sans fin de Galles et d'une autre roue semblable, placée sur l'axe du tambour supérieur, sert à mettre en mouvement la courroie en caoutchouc, effectuant le déplacement de la terre. L'accrochement et le décrochement des arbres susdits, joints librement, s'opère à l'aide d'un levier placé sur le char. Pendant le mouvement du char en avant (à l'aide de douze chevaux), le mécanisme ci-dessus décrit se met en mouvement et la courroie sans fin rejette dans le remblai la terre relevée préalablement par la charrue.

Un ouvrier (mécanicien) est nécessaire pour gouverner la charrue et la courroie sans fin au moyen des manivelles à volants et pour manier le levier de la libre jonction des arbres. En outre, deux cochers sont nécessaires : l'un pour guider les huit chevaux attelés au char principal et l'autre pour guider les quatre chevaux du chariot supplémentaire. Au total, l'excavateur d'Austin exige trois ouvriers et douze chevaux, et le prix de revient de son travail journalier (de 10 heures) peut être évalué de 68 à 70 *f*.

II

Applications de l'excavateur « New Era ».

A l'aide de l'excavateur New-Era peuvent être exécutés les travaux de terrassement de toute espèce et surtout les travaux suivants :

1° Construction de la plate-forme d'un chemin de fer, dans les cas de terrassements ordinaires ;

2° Construction de levées ou digues, protégeant contre les inondations ;

3° Creusement des fossés et des canaux pour le drainage ;

4° Creusement des canaux d'irrigation et des réservoirs ;

5° Construction des chaussées et des routes.

Suivant la nature des travaux, on emploie un seul excavateur, travaillant indépendamment ou avec le concours des chariots qu'il charge, ou bien on emploie deux excavateurs accouplés (New Era Combination *(fig. 2 bis, Pl. 94)*. Dans ce dernier cas, un des excavateurs est un excavateur ordinaire tel qu'il a été décrit précédemment, tandis que dans l'autre excavateur la charrue est remplacée par une caisse destinée à recevoir la terre que fournit l'excavateur ordinaire. Le second excavateur (sans charrue) ne fait que déplacer la terre et exige huit chevaux et un ou deux ouvriers. A l'aide de deux excavateurs accouplés la terre peut être déplacée à 14 *m* de côté.

Construction de la plate-forme d'un chemin de fer. — Si la surface du terrain n'est pas trop accidentée et si le terrassement consiste en petits remblais de 1 *m* à 1,50 *m*, travaillés au moyen des emprunts, alors il suffit d'employer l'excavateur New Era seul, travaillant indépendamment. Seulement il est indispensable qu'il soit suivi par une herse à deux chevaux, qui doit égaliser, damer et aplanir la terre entassée par l'excavateur.

Le mouvement de la charrue de l'excavateur ayant une vitesse à peu près de 2 *km* par heure, par conséquent, pendant dix heures de travail, on peut enlever une couche de terre de 20 *km* de longueur, de 0,30 *m* de largeur et 0,15 *m* d'épaisseur. Le volume de cette couche est 900 m^3. Pour plus de sûreté, nous accepterons comme rendement journalier de l'excavateur seulement 800 m^3, ce qui correspond aux 1 000 yards cubes, garantis par l'inventeur de l'excavateur.

La dépense journalière pour les ouvriers et les chevaux peut être approximativement évaluée de la manière suivante :

Auprès de l'excavateur :	3 ouvriers à 4,50 *f*		13,50 *f*
	12 chevaux	—	54,00
Auprès de la herse :	1 ouvrier	—	4,50
	2 chevaux	—	9,00
	TOTAL.		81,00 *f*

Par conséquent, le prix de revient d'un mètre cube de remblais, fait de terre d'emprunt, sera $\frac{81}{800} = 0,10\,f$.

Si le remblai est au-dessus de 1,50 *m*, ou si les bermes (banquettes) doivent être d'un largeur considérable, alors deux excavateurs accouplés sont nécessaires et le prix journalier des ouvriers et des chevaux sera le suivant :

Auprès du I excavateur :	3 ouvriers à 4,50 *f*		13,50 *f*
	12 chevaux	—	54,00
— II —	2 ouvriers	—	9,00
	8 chevaux	—	36,00
Auprès de la herse :	1 ouvrier	—	4,50
	2 chevaux	—	9,00
	TOTAL.		126,00 *f*

Donc le prix de revient d'un remblai difficile sera $\frac{126}{800} = 0,16\,f$.

Le déblai en dépôt, dans les mêmes conditions que le remblai, sera meilleur marché que ce dernier du coût du travail de la herse ; c'est-à-dire le déblai ordinaire coûtera journellement 67,50 *f* et, par conséquent, un mètre cube reviendra à $\frac{67,50}{800}$ 0,08 *f*.

Le déblai en dépôt avec une berme (banquette) d'une largeur considérable exigeant l'emploi de deux excavateurs accouplés, coûtera 112,50 *f* par jour, et, par conséquent, un mètre cube reviendra à $\frac{112,50}{800} = 0,14\,f$.

Construction des levées ou digues protégeant contre les inondations. — Si ces levées ou digues doivent être construites dans les localités où les eaux de l'inondation n'atteignent pas plus de 1 *m* de profondeur, alors on leur donne ordinairement les dimensions sui-

vantes : hauteur, 1,20 *m*; largeur en couronne, 1,20 *m*; largeur en bas, 5 *m*. Une pareille digue peut être facilement construite au moyen d'un seul excavateur New Era et avec un progrès de 200 *m* courants par jour. Le prix de travail d'un excavateur étant de 67,50 par jour, le prix de revient d'un mètre courant de la digue sera $\frac{67,50}{200} = 0,34$ *f*.

Creusement de canaux et de fossés de drainage. — L'excavateur New Era s'applique facilement au creusement des canaux et des fossés de drainage et des fossés établis le long des chaussées. Un grand canal de drainage de 0,60 *m* de profondeur, ayant la largeur au sommet de 7 *m* et en bas de 1,20 *m*, peut être creusé avec un progrès de 150 *m* par jour. Or, comme le travail de l'excavateur revient à 67,50 *f* par jour, donc un mètre courant de ce canal reviendra à $\frac{67,50}{150} = 0,45$ *f*.

Un fossé ordinaire de 0,60 *m* de profondeur et de largeur 3 *m* au sommet et 0,60 *m* en bas, peut être creusé avec une vitesse de 750 *m* (3/4 de kilomètre) par jour; donc le prix de revient d'un mètre courant sera $\frac{67,50}{750} = 0,09$ et celui d'un kilomètre à 90 *f*.

Exécution des travaux d'irrigation. — L'exécution de ces travaux consiste dans la construction de fossés, canaux, réservoirs et étangs. Au moyen d'un seul excavateur New Era on peut creuser un canal de 9 *m* de largeur et de 1,25 à 2 *m* de profondeur. Le prix de ce canal dépendra du volume de la terre enlevée, dont le mètre cube coûtera 0,08 *f*.

Si le canal a 9 *m* de largeur au sommet et 4 *m* en bas et une profondeur de 1,20 *m*, alors le mètre courant d'un pareil canal reviendra à 0,62 *f* et le kilomètre à 625 *f*.

Si la largeur du canal dépasse 9 *m* et a, par exemple 12 à 18 *m*, alors, pour les déblais de sa partie centrale, il sera nécessaire d'employer deux excavateurs accouplés *(fig. 2 bis, Pl. 94)*, et ensuite, pour enlever les côtés, on pourra faire travailler les mêmes excavateurs séparément (en remplaçant dans un d'eux la caisse par la charrue. Le prix de revient de ce travail sera de 0,11 *f* par mètre cube.

Pour l'établissement des réservoirs et des étangs, l'excavateur New Era ne peut être employé que pour faire les déblais et en même temps charger les chariots (tombereaux) qui transporteront

la terre aux endroits d'entassement. Le prix de revient de ces travaux se compose du prix de ce chargement qui est de 0,08 *f* par mètre cube, et du prix du transport en chariot qui dépend de la distance.

Construction des chaussées et des routes. — La construction des chaussées n'exige pas de grands travaux de terrassement ; il est aisé de voir que l'excavateur New Era y peut être employé avec un grand succès. La même chose a lieu par rapport aux routes.

Dans les plaines, les plateaux au terrain sablonneux et argileux (déserts, steppes, prairies), à l'aide de l'excavateur New Era on peut établir de bonnes routes, en creusant des deux côtés des fossés et entassant la terre enlevée sur la partie centrale de la route ; ensuite aplanissant la terre avec la herse et la damant au moyen de rouleaux. Une pareille route se fait ordinairement de 5 *m* de largeur et avec une convexité de 0,30 à 0,35 *m* au milieu, en laissant des bermes (banquettes) de 1,20 *m* des deux côtés. L'excavateur New Era peut faire 0,500 *m* d'une telle route par jour et doit nécessairement être suivi par la herse et le rouleau. Le prix de ce travail sera :

Auprès de l'excavateur, 3 ouvriers et 12 chevaux. .	67,50 *f*
— de la herse, 1 ouvrier et 2 chevaux.	13,50
— du rouleau, 1 ouvrier et 4 chevaux.	22,50
TOTAL	103,50 *f*

par conséquent, le prix de revient d'un kilomètre sera 207 *f*.

Chargement des chariots (tombereaux). — Dans tous les cas, il faut déplacer la terre à une distance supérieure à 14 *m*. L'excavateur New Era s'emploie pour charger les chariots (tombereaux) et travaille avec un tel succès que le grand chariot américain de 0,8 m^3 de volume est chargé en 45 ou 60 secondes, de sorte qu'en un jour (10 heures) on peut charger de 600 à 800 chariots. Et comme le prix du travail journalier de la machine revient à 67,50 *f*, il en résulte que le prix de chargement d'un seul chariot sera de 0,08 *f* à 0,11 *f* et le prix de chargement d'un mètre cube est de 0,10 *f* à 0,14 *f*.

TABLEAU DES PRIX DE REVIENT DES DIFFÉRENTS TRAVAUX

DÉNOMINATION DES TRAVAUX	RENDEMENT JOURNALIER	PRIX DE REVIENT DE L'UNITÉ		
		par mètre cube.	par mètre courant	par kilomètre.
	m^3	f	f	f
1. Remblai d'emprunt, facile..........	800	0 10	»	»
2. — — difficile (2 excav.)	800	0 16	»	»
3. Déblai en dépôt (facile)............	800	0 08	»	»
4. — — difficile (2 excav.)	800	0 14	»	»
5. Digue............................	200	»	0 34	340
6. Fossé de drainage (grande)..........	150	»	0 45	450
7. — — (petite)...........	750	»	0 09	90
8. Canal d'irrigation..................	»	0 11	0 62	625
9. Route............................	1/2 *km*	»	»	207
10. Chargement de chariots.............	600-800	0 10-0 14	»	»

III

Manière d'exécuter les divers travaux de terrassement.
(Fig. 3-33, Pl. 94).

Pour mieux comprendre le travail exécuté par un excavateur New Era, nous prendrons le cas spécial d'une route ordinaire, dont le profil transversal est représenté par la figure 17 et nous suivrons la construction de cette route.

D'abord on fixe d'une manière quelconque l'axe de la route *(fig. 3)*, et l'on pose de chaque côté de cet axe, à une distance de 3 *m*, deux rangées de piquets. Ensuite, avec un excavateur dont la courroie-porteur est à 4 *m*, on marque les bords des emprunts, en faisant les deux tournées suivantes. La première tournée est faite en dirigeant le timon de l'excavateur suivant la ligne de piquets d'abord d'un côté et ensuite de l'autre côté de la route. Pendant cette tournée, la terre enlevée par l'excavateur est rejetée à une distance de 1,75 à 2 *m* au delà de l'axe de la route, et forme un remblai ayant une convexité au milieu. Dans la seconde tournée, la roue droite de devant suit le sillon fait par l'excavateur durant la tournée précédente. Les sillons de ces deux tournées désignent les limites des emprunts de chaque côté de la route. Ensuite on fait encore quelques tournées pour enlever la couche supérieure du sol (le gazon) dans les limites de l'emprunt. Ces tournées commencent par la troisième, pendan laquelle la roue gauche du devant suit le bord extérieur du pre-

mier sillon. La quatrième tournée se comporte de la même manière vers le sillon de la tournée précédente et ainsi de suite.

Aussitôt que cette première série de tournées a enlevé la couche supérieure du sol (le gazon), l'excavateur doit être suivi par une herse.

La seconde série des tournées enlève la seconde couche de la terre dans les emprunts. Dans la première de ces tournées on dirige la roue gauche de devant suivant le bord droit du premier sillon, c'est-à-dire on pose la charrue plus à gauche que dans le commencement de la première tournée, de la largeur d'un sillon. Les tournées suivantes se font comme dans la première série.

Ces deux séries de tournées finies, on obtient un remblai convexe au milieu, mais trop étroit; si bien que pour lui donner la forme nécessaire, il faut réduire la courroie-porteur à la longueur de 4 *m* et faire la troisième série des tournées en dirigeant la charrue, dans la première tournée, suivant l'axe de l'emprunt et dans les tournées suivantes entre cet axe et le côté extérieur de l'emprunt. Après avoir fait encore quelques sillons du côté des emprunts, pour y former une cuvette, la construction de la route, dont la figure 17 représente le profil transversal, est terminée.

Si la largeur ou la hauteur du remblai sont plus grandes que celles indiquées sur la figure 17, alors on devra prendre des emprunts plus larges et plus profonds, mais la marche du travail restera la même.

La construction des remblais des chemins de fer, des digues, etc., s'effectue de la manière analogue à celle ci-dessus exposée, en changeant la longueur de la courroie-porteur, ou en employant deux excavateurs accouplés, ou bien en se servant de l'excavateur pour charger les chariots. Les divers cas spéciaux sont représentés par les figures 4—23.

Les remblais pour la plate-forme du chemin de fer, ayant les profils transversaux représentés sur les figures 4, 5, 6, 8 et 10, peuvent être construits au moyen d'un seul excavateur avec la courroie-porteur de 7 *m* de longueur, les emprunts ayant été pris de la manière indiquée sur les figures.

La figure 7 représente le remblai environ de 1 *m* (0,90 *m*) de hauteur, construit avec les emprunts de 0,60 *m* de profondeur. On commence le travail avec la courroie-porteur de 6 *m* de longueur, en enlevant la partie supérieure de l'emprunt, voisine du remblai; on le finit avec la courroie-porteur allongée jusqu'à 7 *m* et en enlevant le reste de la terre des emprunts.

Les figures 9, 10 et 11 représentent les remblais dont la construction à l'aide d'un seul excavateur est impossible. Dans ce cas, la partie extérieure de l'emprunt (*A*, *fig.* 9, *Pl.* 94) doit être transportée dans le remblai au moyen de deux excavateurs accouplés, ou bien d'une autre manière quelconque (à l'aide des scrapers ou à l'aide de chariots chargés par l'excavateur), et le reste de la terre (B) peut être transporté avec un seul excavateur.

Les figures 12 et 13 représentent les remblais de 17 *m* de largeur, destinés pour un chemin de fer à quatre voies. Ces remblais, de hauteurs différentes, peuvent être exécutés au moyen des excavateurs accouplés.

Les digues, dont les profils sont représentés par les figures 14 et 15, peuvent être construites, au moyen d'un seul excavateur, de la manière analogue à celle d'une route ordinaire (*fig.* 17 *et* 3, *Pl.* 94).

La figure 16 représente le profil d'une digue de 2 *m* de hauteur et de 2 *m* de largeur en couronne, et ayant le talus 2 1/2 : 1 du côté de l'eau et le talus 1 1/2 : 1 du côté opposé. Pour construire une telle digue, il faut employer deux excavateurs, que nous nommerons n° 1 et n° 2 et qui travailleront de la manière suivante :

L'excavateur n° 1 fait les tournées ordinaires; mais lorsqu'il passe du côté de l'eau, la terre enlevée par lui est reçue et envoyée dans le remblai par l'excavateur n° 2 (travaillant sans la charrue); lorsque l'excavateur n° 1 va du côté opposé (où il travaille seul), en même temps, l'excavateur n° 2, restant toujours du côté de l'eau, revient à sa place primitive, pour recevoir de nouveau la terre enlevée par l'excavateur n° 1, travaillant du côté de l'eau.

Lorsque tout la terre de l'emprunt A sera enlevée, tous les deux excavateurs (n° 1 et n° 2) travailleront accouplés du côté de l'eau, enlevant la terre dans leur marche directe et chômant dans leur marche de retour.

La terre transportée de l'emprunt A au moyen d'un seul excavateur est désignée par A'. Elle présente la troisième partie du remblai, et son prix s'exprime par le simple prix de revient du travail de l'excavateur; le second tiers du remblai coûtera 1 2/3 fois plus, et le troisième tiers 3 1/3 fois plus ; si bien que le coût moyen de ce travail sera deux fois plus grand que le prix de revient du travail d'un seul excavateur.

La construction d'une route ordinaire, dont le profil est repré-

senté par la figure 17, a été exposée dans le commencement de ce chapitre, et nous passons à l'exécution des déblais.

Toutes sortes de déblais peuvent être construits à l'aide de l'excavateur New Era, comme nous le verrons dans les exemples suivants *(fig. 18, 19, 20, 21 et 22, Pl. 94)*.

Il est aisé de voir que le déblai de plus d'un mètre de profondeur, représenté par la figure 18 et destiné pour la plate-forme de chemin de fer, de 4,30 *m* de largeur, peut être facilement construit à l'aide d'un seul excavateur transportant la terre du déblai dans les deux dépôts.

Le déblai de 3 *m* de profondeur, représenté par la figure 19, doit être effectué au moyen d'un excavateur qui chargera les chariots (tombereaux); mais, comme pour ce travail la largeur du déblai doit être au moins de 9 *m*, on ne pourra enlever, de cette manière, que la partie supérieure du déblai, et la partie inférieure devra être achevée d'une autre manière quelconque.

Le déblai d'un petit canal de 0,60 *m* de profondeur, dont le profil nous montre la figure 20, présente un travail facile qui s'exécute au moyen d'un seul excavateur ayant la courroie-porteur de 4 *m* de longueur.

Le canal de 1,20 *m* de profondeur, dont le profil est représenté par la figure 21, est aussi sans difficulté fait au moyen d'un seul excavateur avec la courroie-porteur de 7 *m*.

Le déblai du canal de 2 *m* de profondeur, dont le profil est représenté par la figure 22, s'exécute au moyen de l'excavateur d'une manière particulière. D'abord on enlève la couche supérieure de 0,60 *m* d'épaisseur et 9 *m* de largeur, en rejetant la terre dans les dépôts; ensuite on enlève la couche suivante de 0,80 *m* d'épaisseur et de 6 *m* de largeur; ensuite on enlève la dernière couche de 0,60 *m* d'épaisseur, en réduisant la longueur de la courroie-porteur à 5,50 *m* et en déposant la terre sur les banquettes *a*, faites pendant l'excavation de la couche supérieure. Il en résulte qu'une partie insignifiante de la terre, et notamment la terre enlevée du fond du canal, coûtera deux fois plus que le reste; donc, le prix de revient est le même que celui du déblai ordinaire, exécuté par un seul excavateur.

La figure 23 *(Pl. 94)* représente le profil d'un canal d'irrigation destiné à recevoir une couche d'eau de 1 *m*, dont les trois quarts se trouveront au-dessus de la surface du sol et seront retenus par les digues et les écluses. Pour construire ce canal au moyen d'un excavateur New Era, on commence par faire le fond du canal et

on enlève d'abord une couche de 0,25 *m* d'épaisseur; en déposant cette terre des deux côtés du canal, on forme une clavette pour lier la surface du sol avec les remblais latéraux. Il va sans dire que cette terre doit être damée à l'aide de la herse et par les chevaux qui la traîneront. Ensuite on complète les remblais latéraux (digues) en prenant la terre dés emprunts correspondants, dont la distance au canal doit être au moins de 5 *m*. Pour ce dernier travail, l'excavateur doit avoir la courroie-porteur d'abord de 5,50 *m* et ensuite de 6,50 *m* de longueur. La terre enlevée des emprunts latéraux couvre consécutivement la clavette susdite et enfin forme les deux digues servant de bords pour le canal d'irrigation.

Il est évident que les exemples cités et tirés de la pratique américaine n'épuisent pas tous les cas des terrassements où l'excavateur New Era peut être appliqué avec succès. C'est aux Ingénieurs-Conducteurs des travaux à décider, dans chaque cas spécial, si l'emploi de cet excavateur peut être favorable. Nous répéterons seulement qu'en général, l'excavateur New Era est surtout convenable dans les contrées de plaines et peu accidentées, ainsi que dans les pays où les chevaux ou mules se trouvent en abondance. Ces deux conditions sont parfaitement réalisées dans la Sibérie Occidentale, et, à cause de cela, l'excavateur New Era est déjà adopté pour construire les petits remblais sur la section Chelabinsk-Omsk du chemin de fer Sibérien, dont la construction a été abordée en juillet 1892.

BIBLIOGRAPHIE

NOTE LUE A LA SÉANCE DU 7 JUILLET 1893

PAR

M. A. BRÜLL

Messieurs,

J'ai l'honneur de vous présenter, de la part des éditeurs MM. Baudry et Cie, l'ouvrage intitulé : *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, par MM. Fuchs et de Launay.

L'un des auteurs, M. Fuchs, Ingénieur en chef des mines, et professeur de géologie appliquée à l'Ecole des mines de Paris, prématurément enlevé à la science en 1889, était bien connu de la Société des Ingénieurs Civils de France.

En 1882, au retour d'une mission scientifique en Indo-Chine, il vous apportait, avec la narration vive et attachante de ce difficile voyage, de précieuses informations sur la géologie peu connue de ces contrées et sur leurs principales ressources minérales.

Et vous n'avez certes pas perdu le souvenir de l'exposé magistral que vous a présenté M. Fuchs en 1887 sur la genèse des phosphates pulvérulents de la Somme et de l'Oise.

C'est en 1879 que Fuchs avait créé à l'École des mines le cours de géologie appliquée. Pendant dix années d'enseignement, il a montré comment les connaissances géologiques les plus élevées peuvent être utilisées pour la recherche, la mise en valeur, ou l'appréciation des gîtes minéraux.

Il prenait l'une après l'autre les substances utiles que fournit l'exploitation des mines. Pour chacune d'elles, il présentait un résumé des questions industrielles que son exploitation comporte, il décrivait les principaux gisements, examinait ensuite leur mode de formation au point de vue scientifique.

Tel est aussi, en substance, le programme du livre qui vient enrichir notre bibliothèque et qui porte d'ailleurs comme sous-titre : *Cours de géologie appliquée de l'École supérieure des mines.*

M. de Launay, Ingénieur des mines, élève et successeur de Fuchs à l'Ecole des mines, a entrepris de compléter et de publier son œuvre. Il a mis à profit pour cela les notes et les rapports de mission du savant professeur, les matériaux que lui-même avait recueillis dans ses nombreux voyages et aussi les descriptions de gisements que donnent les publications techniques de France et de l'étranger.

L'ouvrage traite en trente-six chapitres les divers groupes de substances exploitées, rangés dans l'ordre même où les chimistes les classent : carbone et silice, au début; mercure, argent, or et platine, à la fin.

Pour chaque corps, il expose les propriétés chimiques et physiques, les usages pratiques, les principaux centres de production, les conditions du commerce.

Les gisements de chaque substance les plus intéressants, soit comme importance, soit au point de vue géologique, sont décrits à titre d'exemple dans l'ordre de superposition des terrains dans lequels on les trouve. Les gites incorporés dans une roche éruptive ou disposés en filons sont classés à part suivant la nature de la roche encaissante, l'âge, l'allure, ou le mode de remplissage du filon.

En dehors des métaux, on trouve d'intéressants documents sur quantité de substances minérales utiles, sur lesquelles on a souvent plus de peine à se renseigner. Citons entre autres le diamant, le graphite, le pétrole, le soufre, le sel, le kaolin, et encore, les pierres lithographiques, le mica, l'amiante, les phosphates et les nitrates.

Plus de douze cents exploitations de tous les pays du monde sont décrites sommairement, avec les données relatives au mode de gisement et chaque fois que la chose est possible, aux conditions probables de la formation.

La géologie générale de la région, la géologie propre du gisement, sont clairement exposées et illustrées par des cartes minières et des coupes des terrains reconnus.

Afin de rendre le livre plus utile et plus facile à consulter sur chaque question particulière, on y a disposé, en dehors de la table des matières usuelle, une table géographique, un index alphabétique des localités citées, une bibliographie des ouvrages généraux sur les gites métallifères. De plus, à la fin de chaque chapitre, se trouve une liste des livres ou mémoires qui traitent de la substance étudiée dans le chapitre. Faut-il ajouter enfin que les éditeurs ont donné tous leurs soins à l'exécution de ces deux beaux volumes ?

L'abondance des documents recueillis, la méthode avec laquelle ils sont classés, le soin qu'on a pris d'en faciliter la recherche, rendront cet ouvrage très précieux, non seulement pour les élèves et les exploitants, mais encore pour les Ingénieurs chargés de l'étude des gisements, qui ont besoin de connaître les gisements analogues et les conditions des marchés où les produits à extraire doivent se présenter.

Ce magnifique travail est un digne hommage à la mémoire du géologue éminent qui en a fourni les premiers éléments; il fait grand honneur à M. de Launay qui, en les complétant et les ordonnant avec art, a pieusement exécuté le testament scientifique de son maître respecté.

J'espère être votre interprète en remerciant MM. Baudry et Cie de leur importante présentation.



CHRONIQUE

N° 163.

Sommaire. — Les chemins de fer de l'Égypte. — Fondations sur pilotis à grande profondeur. — Le desséchement de la vallée de Mexico. — Malacologie des conduites d'eau de la ville de Paris. — Machines soufflantes de Seraing. — Chemin de fer funiculaire à Hong-Kong.

Les chemins de fer de l'Égypte. — Nous trouvons dans le Bulletin de la *Société de géographie commerciale de Bordeaux*, l'intéressante notice qui suit, due à la plume de M. Fritz Robert, membre correspondant de cette Société.

Les premières voies de communication de l'Égypte furent le Nil qui, venant du Sud, se divise, à 15 *km* en aval du Caire, en deux bras qui se déversent dans la Méditerranée, l'un à Damiette, l'autre à Rosette, et quelques canaux principaux construits surtout sous le gouvernement de Mohamed-Ali.

Une route reliait déjà depuis longtemps le Caire à Suez ; les Anglais réussirent, après de longs pourparlers avec Abbas-Pacha, à obtenir, en 1852, la concession d'une ligne de chemin de fer reliant Alexandrie au Caire. Cette ligne fut achevée en 1856 et fut le premier chemin de fer égyptien (208 *km*) construit pour assurer le transport de la malle des Indes.

En 1867, des Ingénieurs français achevèrent le chemin de fer reliant directement le Caire à Suez (233 *km*), mais le manque d'eau dans le parcours à travers le désert fit prévoir déjà, pendant la construction, que l'exploitation de cette ligne présenterait de grandes difficultés.

L'impulsion étant donnée, les lignes de chemins de fer se développèrent peu à peu.

Groupées géographiquement, les principales lignes du réseau actuel des chemins de fer égyptiens sont les suivantes :

Basse Égypte

I. — *Alexandrie au Caire*, 208 *km*. Embranchements : *Benha*, *via* Zagazig ou Ismailieh, à *Suez*, 269 *km* ; *Tanta-Damiette*, 115 *km*.

II. — *Le Caire-Zagazig*, 76 *km*, rejoignant en cette ville la ligne de Benha à Suez. Embranchements : *Zagazig-Mansourah*, 71 *km ; Zagazig-El-Salibé*, 55 *km*.

Et quelques lignes secondaires comme :

III. — *Sidi-Gaber-Rosette*, 64 *km* ; *Damanhour-Mehallet-Roh*, 17 *km*, sur la ligne Tanta-Damiette, avec prolongement jusqu'à *Zifteh*, 25 *km*, et d'autres lignes encore, comme la ligne suburbaine du Caire, la ligne du Barrage.

Haute Égypte

IV. — *Boulaq-Dacrour* (gare du Caire) *Ghirgheh*, 361 *km*. Embranchements : *Wasta-Abouxa*, 60 *km* ; *Wasta-Senoures*, 45 *km*.

Toutes les lignes des chemins de fer de l'Égypte appartiennent à l'État, sauf les deux suivantes : *Alexandrie-Ramleh*, 9,900 *km* ; *Le Caire-Helouan*, 23 *km*, qui appartiennent : la première à une Société privée et la seconde à MM. Suarès et Cie.

En 1879, le Comité d'administration des chemins de fer de l'État fut réorganisé complètement ; un nouveau Comité d'administration des chemins de fer, des télégraphes et du port d'Alexandrie fut formé, et trois administrateurs furent, pour une période de cinq années, nommés par S. A. le Khédive : un Anglais, président du Comité, un Français et un sujet local.

Comme les revenus des chemins de fer, des télégraphes et du port d'Alexandrie sont affectés aux paiements de la dette privilégiée, ledit Comité d'administration dépend de l'administration de la dette publique qui fixe le coefficient de l'exploitation des lignes de chemins de fer à 45 0/0 des recettes.

En 1880, il fut pour la première fois possible de payer, uniquement avec les recettes des chemins de fer, la dette privilégiée garantie par les recettes des chemins de fer, des télégraphes et du port d'Alexandrie.

Revenus encaissés par la caisse de la dette publique, du chef des chemins de fer, des télégraphes et du port d'Alexandrie en livres égyptiennes valant 25,61 *f* :

	Chemins de fer et télégraphes.	Port d'Alexandrie.	Total.
1886.	760 500	78 000	838 500
1887.	774 252	95 550	869 802
1888.	655 925	99 450	765 375
1889.	677 625	88 725	766 350
1890.	758 818	92 625	851 443

C'est seulement depuis que le Comité d'administration susnommé a pris en main l'administration des chemins de fer de l'État (1879) que les recettes se sont développées réellement et normalement et c'est depuis 1879-1880 que l'on peut se rendre compte, au moyen des rapports annuels, ceux de ces dernières années surtout, fort bien faits, de ce développement même.

Le Comité d'administration a eu, surtout dans le commencement, de sérieuses difficultés à surmonter ; il fallait réorganiser un service défectueux, améliorer un matériel déjà ancien et lutter avec mille difficultés de toutes sortes et dépendant, soit du pays lui-même, soit des us et coutumes des habitants, soit d'autre nature encore.

Les crues inattendues ou trop importantes du Nil endommagent les digues, la voie, emportent les ponts, tandis que le manque d'eau fait abandonner la ligne directe du Caire à Suez.

L'Égypte étant essentiellement un pays agricole, il en résulte que la

presque totalité des transports qui, de l'intérieur, vont à la côte, sont des produits du sol (coton, graines de coton, céréales, sucre), tandis que les transports de la côte vers les centres de population et de consommation de l'intérieur (produits manufacturés, charbons, bois, etc.) sont en minorité.

IMPORTATIONS. MARCHANDISES ET TABACS EN LIVRES ÉGYPTIENNES

	1879-83	1884-88	1889	1890
Moyenne annuelle .	8 108 604	8 179 068	7 020 961	8 081 297

EXPORTATIONS. PRODUITS AGRICOLES

	1879-83	1884-88	1889	1890
Livres égyptiennes .	12 483 792	11 079 659	11 953 196	11 876 087
Dont : Coton. . . .	7 865 795	7 486 168	8 547 716	8 272 226
Graines de coton. .	1 445 694	1 354 406	1 453 892	1 380 255
Céréales, riz, maïs .	966 257	449 067	240 007	354 144
Pois et lentilles . .	749 267	600 066	337 600	753 765
Sucre.	533 953	488 023	496 796	333 823
Peaux.	121 711	119 573	86 169	95 293

Inutile d'ajouter que la ville et le commerce d'Alexandrie absorbent à eux seuls une grande partie (peut-être de 30 à 40 0/0) des importations par voie de mer, qui échappent ainsi aux chemins de fer, tandis que la grande majorité des exportations de l'extérieur vers la côte s'y rend par voie ferrée. La seule concurrence que les chemins de fer égyptiens aient à redouter pour ces transports est celle des canaux ; l'importance de ces transports est d'ailleurs impossible à chiffrer, même approximativement.

Les recettes des chemins de fer égyptiens sont donc en rapport direct avec le résultat des récoltes, ou mieux encore avec leur prix ; la récolte et le prix obtenu sont-ils bons, les transports affluent ; la récolte est-elle mauvaise ou les prix insuffisants, peu de produits agricoles sont dirigés vers la côte et la puissance de consommation étant moindre qu'après une bonne récolte, moins nombreux sont les produits manufacturés expédiés de la côte aux marchés de l'intérieur. De plus, étant donné que les différentes récoltes se font à peu près en même temps, l'affluence des transports a lieu, et aux mêmes époques et en quantités relativement considérables, ce qui complique naturellement de beaucoup le service.

L'une des plus grandes difficultés avec lesquelles l'administration des chemins de fer a à lutter provient de ce que les voies de chemin de fer forment, dans une grande partie de l'Égypte, les uniques voies de communication entre les différents centres de population, ce qui fait que bêtes et gens circulent sur la voie comme sur des chemins vicinaux, entravent le service sur la ligne et déposent sur les rails une boue gluante sur laquelle les roues des locomotives n'ont plus de prise.

A tous ces obstacles au développement normal et technique du ser-

vice sur la ligne elle-même, viennent s'ajouter des *impedimenta* d'un tout autre genre, agissant directement, au point de vue financier, sur l'exploitation des chemins de fer égyptiens.

L'amélioration du système des canaux en Égypte et le développement de la navigation par cette voie, enfin les réductions, sur demande du gouvernement, des taxes de transit et d'écluses pour le canal d'eau douce (Ismaïlieh) et des droits de tonnage pour le canal de Suez ont créé, surtout en ces dernières années, de sérieuses concurrences aux voies ferrées et nécessité de fréquentes et quelquefois importantes réductions de tarifs pour combattre la concurrence croissante de la voie par canaux.

En sus de ces difficultés que l'on pourrait considérer comme normales, on doit encore prendre en considération que les troubles d'Alexandrie (1882), les événements du Soudan (1884) et le fait que la malle des Indes n'est plus transportée par chemin de fer de Suez à Alexandrie, ont entravé le développement des chemins de fer égyptiens.

En 1882, immédiatement avant le bombardement d'Alexandrie, près de 50 000 fuyards furent transportés en trente jours sur les différentes lignes de chemin de fer et, pendant les années suivantes, les quantités d'hommes et de matériel de guerre transportées par chemin de fer furent également considérables.

La fermeture du Soudan (1884) porta un coup des plus sensibles au commerce de transit de l'Égypte, et par là même aux transports par chemins de fer; les renseignements statistiques suivants donneront une idée de l'importance des transports d'exportation de l'Egypte avant 1884 (fermeture du Soudan), quant aux articles provenant presque exclusivement du Soudan.

EXPORTATIONS ÉGYPTIENNES (PRODUITS PROVENANT PRESQUE EXCLUSIVEMENT DU SOUDAN) EN LIVRES ÉGYPTIENNES.

	MOYENNES			
	1874-78	1879-83	1884-88	1890
Plumes d'autruche . . .	107 697	84 400	7 002	3 065
Dents d'éléphant	51 074	35 713	3 218	333
Gommes.	205 895	194 197	2 566	469

Enfin, le fait que la malle des Indes ne passe plus en transit par l'Égypte depuis 1889 a enlevé aux chemins de fer égyptiens une recette constante et relativement importante.

Le gouvernement anglais a payé, de 1877 à 1888, les sommes suivantes pour le transport de ses dépêches sur la ligne Suez-Alexandrie :

Malle des Indes.	Moyenne	1877-78 liv. ég.	5 236
—	—	1887	15 246
—	—	1888	1 219

Il est à remarquer que la Compagnie internationale du Canal de Suez fait, à l'heure qu'il est, construire une ligne de chemin de fer (largeur

de voie 0,80 *m*) d'Ismaïlia à Port-Saïd (environ 70 *km*) ; la ligne, dont la construction est presque terminée, pourra être livrée prochainement à l'exploitation, après l'achèvement du canal d'eau douce qui longe la voie. Cette ligne, Port-Saïd-Ismaïlia, avec raccordement sur Suez et l'intérieur *viâ* Zagazig, est destinée uniquement au service des voyageurs et de la grande vitesse.

La ligne Boulac-Assiout sera prolongée jusqu'à Assouan pour servir de base éventuelle contre le Soudan ; ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, Assiout-Ghirgheh déjà en construction (entrepreneurs Suarès frères), sera livrée à l'exploitation dans le courant de l'été; Ghirgheh-Louqsor sera, selon toute probabilité, construite pendant la durée de l'année courante et Louqsor-Assouan suivra de peu.

Le prolongement de la ligne ferrée directe Alexandrie-Le Caire-Boulac vers le Sud jusqu'à Assouan, et probablement plus loin encore, est une mesure non seulement stratégique, mais économique de la plus grande importance. Le Soudan, fermé au commerce étranger depuis 1884, commence à se rouvrir peu à peu, à exporter ses produits (principalement gommes et plumes d'autruche) et à importer des produits manufacturés (spécialement des cotonnades d'Angleterre, *Manchester goods*) ; la presque totalité de ses exportations (peut-être 90 0/0) — chiffre très approximatif et peut-être 50 0/0 de ses importations passent actuellement par Souakim, tandis que le reste (50 0/0) des importations soudaniennes s'y rend par voie d'eau (le Nil) et par chemin de fer venant du Caire. Cette ville, et indirectement, l'Egypte ont tout intérêt à attirer la plus grande partie du commerce du Soudan (qu'ils monopolisaient autrefois) et à faire concurrence au commerce *via* mer Rouge et canal de Suez, en prolongeant les voies ferrées déjà existantes vers le Sud.

Fondation sur pilotis à grande profondeur. — Nous avons indiqué dans la chronique de juillet 1892, page 171, qu'à Chicago on avait été conduit à employer, pour les fondations de grands édifices, des procédés particuliers basés sur l'emploi du métal. Sur une première assise de béton, on couche une série de rails jointifs noyés dans le ciment et recouverts d'une seconde et troisième rangée de rails croisés et dont les dimensions vont en diminuant jusqu'à la base de la colonne métallique dont cette construction forme la fondation. Ce système présente, parait-il, un inconvénient grave que l'expérience a fait reconnaitre : c'est celui d'amener des tassements irréguliers qui déforment l'édifice et compromettent son assise. Aussi tend-on à revenir à l'emploi de fondations par pilotis battus à une grande profondeur pour atteindre la couche de gravier et d'argile compacte qui se trouve à 13 ou 14 *m* au-dessous du sol de Chicago.

Ce procédé est prôné par le général W. Sooy Smith qui l'a appliqué aux fondations de divers édifices, entre autres à celles de la nouvelle bibliothèque publique; nous en trouvons la description dans un récent numéro de l'*Enginering Record.*

Pour la construction de ce bâtiment, on a creusé sur tout le pourtour, à l'emplacement des murs, une tranchée assez large pour pouvoir l'étayer et dans laquelle on a battu trois files de pieux écartés d'environ

0,90 *m* d'axe en axe. L'argile, qui forme la partie supérieure, a la propriété d'être très coulante et elle passe à travers les interstices des palplanches comme du sable boulant. La profondeur de la fouille est telle qu'on peut couper les pieux à un niveau tel que le grillage qu'on établit sur leurs têtes soit à 4,20 *m* au-dessous du repère de la ville, c'est-à-dire à peu près au niveau du lac Michigan. Sur le grillage on établit une maçonnerie grossière jusqu'au niveau du sol où commence la maçonnerie régulière de l'édifice.

Pendant les travaux des fondations, on a fait une expérience pour constater la résistance ou plutôt la force de support de quatre pieux en pin de Norwège après qu'ils eurent été battus au fond de la tranchée. Le battage avait été opéré avec un mouton à vapeur dont la partie frappante pesait à elle seule 2000 *k*, et qui donnait 54 coups par minute avec une chute de 1,05 *m*: On employait pour les derniers 6 *m* de l'enfoncement un faux pieu. Ces pilotis étaient écartés de 0,75 *m* d'axe en axe.

Les pieux furent recepés de niveau et on installa sur leurs têtes une plate-forme qu'on chargea avec des gueuses de fonte ; on mesura avec soin la position de chaque pieu dans un plan horizontal. Ils supportèrent pendant quatre jours une charge de 5 1/2 *t* par pieu, huit jours une charge de 37 1/2 et enfin dix jours une charge de 50,6 *t* par pieu, sans que l'enfoncement produit par ces charges ait dépassé 3 *mm*. Le général Sooy Smith fait observer à ce sujet que, si on compte 18 *kg* par centimètre carré pour la résistance de la base du pieu, la résistance latérale due au frottement ressortirait à 0,22 *kg* par centimètre carré ou 2200 *kg* par mètre carré. Pour un pieu ordinaire de 0,175 au bout et 0,35 *m* à la tête, battu à 13,50 *m*, la résistance par frottement serait de 26 500 *kg* et la résistance directe à la base de 2 700, soit un total de 29200 *kg*. C'est la charge maxima qu'on peut compter pour un pieu, sauf à appliquer un coefficient de sécurité convenable.

Un autre exemple de construction importante établie sur des pieux battus profondément est la nouvelle gare à voyageurs de l'Illinois Central à Chicago, qui mesure 66 *m* sur 54 et consiste en un bâtiment pour bureaux à neuf étages, une tour à treize étages et un bâtiment pour la station proprement dite de trois étages, plus une halle de 200 *m* de longueur pour huit voies. D'après un mémoire publié dans le *Technograph* par M. C. J. Mitchell, Ingénieur assistant de la Compagnie du chemin de fer, des sondages opérés sur l'emplacement avaient fait constater la présence d'une première couche de 3 à 6 *m* de décombres provenant du grand incendie de Chicago, et qui avaient été transportés sur l'emplacement; au-dessous se trouvent des couches irrégulières d'argile bleue compacte et de sables boulants. Le roc est à plus de 18 *m* au-dessous du niveau du sol. Dans ces conditions, on se détermina à employer des pieux battus à grande profondeur. On en employa 1 700 disposés par groupes sous les colonnes de l'édifice.

Les groupes se composaient de 8, 13 et 16 pieux pour le bâtiment de la station, de 20 à 42 pour celui des bureaux et enfin de 73 pour les piliers d'angle de la tour. Les pieux étaient en général disposés par files rectangulaires avec un écartement de 0,64 *m* d'axe en axe. C'est l'écar-

tement minimum qu'on puisse employer et on a quelques difficultés à avoir les têtes des pieux bien alignées après le battage.

Les pieux avaient de 12 à 18 *m* de longueur, et 0,28 à 0,40 de diamètre à la tête. Comme essence, 32 0/0 étaient de gommier noir, 22 de pin, 7 de tilleul, 21 de chêne et 15 de hickory (noyer d'Amérique), avec quelques ormes et érables. On employait pour le battage un chapeau en fonte, mais malgré cette précaution plus de 8 0/0 des têtes étaient écrasées ou fendues. Ce sont les pieux de pin qui se sont le plus mal comportés pendant le battage et ont eu la plus forte proportion 12 1/2 0/0 de têtes détériorées, plus 5 0/0 de pieux cassés. Le chêne et l'hictory se sont le mieux comportés; le premier n'a eu que 5 0/0 de têtes détériorées et 0,8 0/0 de pieux cassés et le second 3 0/0 pour les têtes et aucun pieu brisé. Tous les pieux avaient été appointés à l'extrémité pour former une face de 1 décimètre carré environ.

On s'est servi de sonnettes de diverses puissances, les moutons pesaient 1 350, 1 500 et 1 800 *kg*. Le meilleur résultat, 26 pieux battus à 18 *m* en moyenne, a été réalisé par le mouton le plus lourd, mais M. Mitchell parait hésiter à se prononcer sur le point de savoir si ce résultat est dû au poids du mouton ou à l'habileté particulière de l'équipe qui le manœuvrait.

Le battage était généralement terminé avec une chute de 10 à 12 *m* et quelquefois 15 *m*.

L'enfoncement était au dernier coup de 75 *mm* au plus et quelquefois de 35. La vibration se faisait sentir dans le sol à une distance variable avec la nature du sol, l'espacement des pieux et la hauteur de chute; cette distance allait jusqu'à 120 *m*, mais à 20 à 25 *m* l'effet était très marqué.

On battait généralement plusieurs pieux à la fois jusqu'à un enfoncement tel que l'emploi d'un faux pieux devint nécessaire. On arrosait continuellement les pieux au niveau du sol, ce qui donnait une grande facilité pour l'enfoncement. Après le battage, les têtes ont été recepées à un niveau uniforme de 0,915 *m* au-dessous du repère, de manière que les bois fussent entièrement au-dessous de l'eau. Comme ce niveau était à 3 à 4 *m* au plus bas que le sol, les tranchées durent être entièrement étayées et garnies de revêtements jointifs pour pouvoir les maintenir à sec. On creusa ensuite les tranchées à 0,45 *m* au-dessous de la tête des pieux et on y coula du béton à haute dose de ciment de Portland jusqu'au ras des têtes, ce béton étant bien pilonné.

Sur les têtes des pieux on boulonna des semelles en chêne de 0,30 *m* d'équarrissage, et l'intervalle de ces semelles fut rempli de béton. On peut supposer que cette fondation aura une très grande durée, car les pieux sur lesquels ont été fondés il y a vingt et un ans plusieurs ponts du même chemin de fer ont été trouvés en parfait état dans toutes leurs parties situées au-dessous du niveau des plus basses eaux.

Des observations intéressantes ont été faites sur l'influence du battage des pieux sur les parties voisines et sont rapportées par M. Mitchell.

Ainsi, un groupe de 16 pieux a été battu à 4,50 *m* d'un autre groupe

de 8 dont les têtes avaient été recepées et recouvertes de semelles horizontales.

Ces pièces se sont trouvées relevées de 10 *cm* du côté des nouveaux pieux et de 25 *mm* de l'autre côté. Dans un autre cas, on a battu 16 pieux à 4,50 *m* d'une fondation composée de 8 pieux de 14 *m*, d'un grillage et d'une couche de béton de 0,70 *m* d'épaisseur et surmontée de 3,60 *m* de maçonnerie de pierres de taille; cette fondation s'est relevée de 15 *mm* du côté des nouveaux pieux et n'a pas bougé du côté opposé. Deux semaines après, on a vérifié encore le niveau ; le côté qui s'était relevé n'avait plus que 6 *mm* de surélévation et le côté opposé n'avait pas changé. Enfin, dans un groupe de 72 pieux, un repère fut fixé sur la tête du premier pieu battu et on prit le niveau tous les jours pendant qu'on battait les autres pieux. Les deux premiers jours, le premier pieu descendit de 12 *mm*, puis il remonta progressivement jusqu'à ce qu'on eut battu 50 pieux. Sa tête était alors à 75 *mm* au-dessus de son niveau primitif, le plus grand mouvement ascensionnel étant de 18 *mm* en un jour. Ce pieu avait 26,75 *m* de longueur dont 13,70 *m* de fiche.

Le desséchement de la vallée de Mexico. — On sait que le desséchement de la vallée au milieu de laquelle se trouve la ville de Mexico est un travail colossal entrepris déjà sous la domination espagnole et laissé inachevé depuis cette époque. Un correspondant de *l'Engineer* envoie à ce journal les intéressants détails qui suivent sur l'état actuel de cette œuvre :

La ville de Mexico, bien que située à une altitude de plus de 2 100 *m* au-dessus de la mer, se trouve dans une vallée dominée de tous côtés par des collines. Cette vallée n'a aucune voie naturelle d'écoulement et les eaux de la ville et des environs se déchargent dans les lacs Texcoco, Chalco, Xo-Chimilco, Xaltocan, San Cristobal et Zampango.

Le premier de ces lacs est le plus grand : il a 20 *km* sur 14, et la surface totale des six lacs est d'environ 520 *km²*. Le niveau de ces lacs varie naturellement avec les chutes de pluie, mais il est toujours plus élevé que la plupart des terrains de la ville, le lac Texcoco étant en général à 1,20 *m* au-dessus du niveau de la place de la Cathédrale. Les eaux d'égout de la ville doivent donc être élevées au moyen de pompes et, dans la saison des pluies, les pompes ne sont pas assez puissantes pour empêcher l'inondation.

Déjà, sous la domination espagnole, on avait décidé de remédier à cet état de choses et on avait commencé à Tequixquiac, sur l'extérieur des collines qui entourent la ville, une tranchée destinée à donner écoulement aux eaux. Ce travail fut abandonné pendant fort longtemps; mais, depuis vingt-quatre ans, le gouvernement mexicain l'a repris sous la direction d'ingénieurs français. La tranchée dont il a été question se trouve en face du point le plus bas des collines qui forment une ceinture autour de la ville et on a pensé à l'utiliser pour le drainage en lui amenant les eaux au moyen d'un tunnel. Dans le premier projet, ce travail devait avoir 9 520 *m* de longueur et une section ovale de 3,90 de hauteur sur 4 *m* environ de largeur. Ces dimensions ont été modifiées et le souterrain a une section en forme d'œuf de 4,28 *m* de hauteur et

4,18 de largeur. La longueur sera également augmentée; elle atteindra 10 020 *m*. Depuis une vingtaine d'années, on avait achevé 1 580 *m* de ce tunnel à partir de l'extérieur, la tranchée avait été approfondie et revêtue par places de maçonnerie jusqu'au niveau futur des hautes eaux, et 25 puits, distants de 400 *m*, avaient été foncés jusqu'au niveau de l'eau ou un peu au-dessous.

En 1888, le gouvernement décida de provoquer des propositions pour l'achèvement du travail et deux contrats furent passés avec des entrepreneurs anglais. MM. Read et Campbell se chargèrent de l'achèvement du tunnel et MM. Pearson et fils de la construction d'un canal faisant communiquer le tunnel avec le lac Texcoco. Ce canal aura 47 580 *m* de longueur et 20,5 *m* de profondeur à la jonction avec le tunnel. La surface totale de la vallée dont ce travail produira l'asséchement est d'environ 910 km^2.

Étant donné que les travaux du tunnel étaient en train depuis vingt ans lorsque MM. Read et Campbell en prirent la continuation, on pouvait supposer que les renseignements qui leur étaient fournis par les Ingénieurs du gouvernement sur le volume d'eau à écouler avaient quelque exactitude. On supposait que le maximum à un puits quelconque n'excéderait pas 450 *l* par minute et les entrepreneurs pensaient avoir une large marge de sécurité en installant des pompes donnant trois fois ce volume, mais l'expérience ne tarda pas à démontrer que cette puissance n'était même pas suffisante; dans certains cas, il ne suffisait pas de deux pompes, l'arrivée d'eau atteignant quelquefois jusqu'à 4 500 *l* par minute. Il fallut donc commander des pompes plus fortes et le travail continua dans des conditions peu favorables jusqu'en 1891. A cette époque, on modifia le contrat, et la Direction des travaux déchargea l'entreprise de la responsabilité de l'épuisement, lequel est actuellement fait aux frais de la première, par les soins de la seconde. Les vingt-cinq puits qui varient en profondeur de 93 *m* à 28 *m* sont tous terminés et le travail est poussé activement de tous les côtés. A la fin de janvier de cette année, il y avait 6 000 *m* de tunnel achevés et 1 000 *m* de galerie en plus. Avec le taux actuel d'avancement, on peut espérer voir le tunnel terminé vers la fin de l'année prochaine.

En général, le terrain dans lequel se fait le percement n'est pas dur et peut être entamé partout au pic. Dans quelques endroits, c'est du sable argileux très compact, presque du grès, qu'on appelle au Mexique *tepitate;* mais ce terrain se désagrège au contact de l'air et nécessite un boisage, tout comme un terrain beaucoup plus meuble. Dans quelques places on a trouvé des sables boulants et on a souvent été gêné par l'eau.

La voûte du tunnel est formée de quatre rangs de briques et la partie inférieure est revêtue de blocs de béton ; tous ces matériaux sont faits sur place. On a monté de grands fours Hoffmann qui peuvent cuire 30 000 briques par jour. Ces briques ont 0,242 *m* sur 0,116 *m* et 0,060 *m* d'épaisseur; elles sont d'une qualité bien supérieure à celles qu'on emploie ordinairement au Mexique. Les blocs de béton ont 0,40 *m* sur 0,20 et 0,15 *m* d'épaisseur ; ils sont faits dans des moules en bois revêtus de tôle et fortement comprimés dans ces moules. Les blocs reposent sur

un lit de pierre volcanique cassée; cette menue pierre, qui est une sorte de lave rouge pulvérisée, est employée dans le mortier dont on se sert pour maçonner les briques et les blocs de béton. On met une partie de cette pierre pulvérisée, une partie de sable et une partie de chaux. Chaque mètre courant de tunnel représente 20 m^3 de déblais, 3,12 m^3 de maçonnerie de briques, 1,70 m^3 de maçonnerie de béton et 2,10 m^3 de pierres cassées derrière celle-ci.

Pour aller visiter les travaux depuis Mexico, on prend le chemin de fer d'Hidalgo jusqu'à la ville de Zumpango où est la résidence de M. J.-F. Toomer, représentant de MM. Read et Campbell; de là un chemin de fer à voie étroite relie les différents puits et à moitié chemin, entre les deux extrémités du tunnel, sont les bureaux de l'Ingénieur des travaux, M. F.-W. Abbott, ainsi que divers ateliers et une fonderie.

Malacologie des conduites d'eau de la ville de Paris. — M. Arnould Locard, ancien élève de l'École Centrale, a offert à la Société des Ingénieurs civils une intéressante brochure intitulée : « Malacologie des conduites d'eau de la ville de Paris », dans laquelle il appelle l'attention sur une faune dont les habitudes se sont modifiées au point qu'instituée pour vivre en pleine lumière, elle a pu se plier à vivre dans l'obscurité la plus complète, telle que celle qui règne dans les conduites de la distribution d'eau d'une ville. On sait que les conduites d'eau de Paris, par exemple, au grand détriment de la pureté et même de la salubrité des eaux qu'elles sont chargées de distribuer à grands frais aux contribuables de la capitale, donnent asile à une quantité considérable de mollusques. Ceux-ci semblent fort bien se plaire dans des conditions pourtant si anormales, puisqu'ils continuent à s'y reproduire tout aussi bien qu'en plein air et à donner naissance à des colonies des plus populeuses.

Les espèces très nombreuses, qui vivent dans ces conduites et s'y multiplient, ont été recueillies, il y a déjà quelques années, par les soins de M. l'Inspecteur général Belgrand ; elles appartiennent à un certain nombre de classes, les *Limnæa*, les *Planorbis*, les *Ancylus*, les *Vivipara*, les *Bythinia*, les *Valouta*, les *Pisidium* et la *Dreissentia*. C'est une de ces dernières, la *Dreissentia Arnouldi*, qui atteint les plus grandes dimensions; elle mesure jusqu'à 38 *mm* de hauteur ; c'est le plus grand mollusque que l'on connaisse dans les conduites d'eau de Paris.

Bien qu'on puisse affirmer que ces diverses espèces de mollusques existent dans presque toutes les conduites d'eau de Paris, l'ouvrage dont nous nous occupons indique un certain nombre de stations, classées par arrondissement, avec la désignation des espèces d'après la collection de Bourguignat.

L'auteur s'est particulièrement attaché au genre des Dreissensies qui semble se plaire dans les conditions singulières que nous venons de signaler, à tel point qu'on le trouve en beaucoup plus grande abondance dans les conduites de Paris que dans les eaux de la Seine et de la Marne, d'où pourtant elles sont venues. Ce fait tient à ce que le naissain, au sein d'un courant d'eau suffisamment rapide et d'un volume très limité,

est emporté sans efforts loin de ses premiers auteurs et trouve facilement la rive solide qui lui est nécessaire pour se développer.

Dans ces conditions d'habitat toutes nouvelles, le type primitif des Dreissensies se modifie d'une façon très notable, notamment au point de vue de la taille et du galbe.

Les conséquences de l'invasion des conduites par les mollusques sont de deux sortes : l'engorgement des conduites et l'altération de l'eau.

Au premier point de vue, les petites espèces ne sont pas dangereuses; mais il n'en est pas de même des Dreissensies : celles-ci, avec leur taille beaucoup plus forte, occupent un volume bien plus considérable; les individus se logeant comme ils peuvent, souvent se superposent les uns au-dessus des autres, formant des paquets parfois volumineux, ralentissant par leur nombre et leur volume la vitesse de l'eau; à la longue ils finissent même par obstruer presque complètement les conduites. On a constaté des faits de ce genre à Londres, à Arles, etc.

Au second point de vue, les Dreissensies, par leur nombre, leur taille et leur excessive et rapide prolification, peuvent, à un moment donné, devenir une cause d'insalubrité notoire. Si beaucoup de mollusques vivent dans une canalisation, il est naturel que beaucoup y meurent, et la décomposition de leurs corps amènera une infection plus ou moins complète de l'eau.

Les remèdes à apporter à la colonisation des mollusques dans les conduites d'eau sont, il faut le dire, d'une application assez difficile. La filtration naturelle ou artificielle est tout indiquée, mais elle n'est pas toujours possible. La décantation n'agit que d'une manière partielle, et elle a des inconvénients. Darcy signalait déjà l'altération que l'immobilité de grandes masses d'eau, pendant plusieurs jours consécutifs, combinée avec la chaleur et l'action de l'air, peut produire.

On pourrait se débarrasser d'une grande partie des mollusques dans les bassins mêmes, en disposant dans ceux-ci des fascines métalliques ou des pierres mobiles sur lesquelles ils se déposeraient et qu'on pourrait enlever facilement. Il est beaucoup plus difficile d'en débarrasser les conduites, une fois qu'ils y ont pénétré; les chasses d'eau, quelque puissantes qu'on puisse les faire, sont à peu près sans effet sur les Dreissensies. On emploie dans certains cas des engins mécaniques composés de pistons munis de couteaux et de brosses qu'on fait avancer dans les tuyaux au moyen de chaines et de cordes ou par la pression de l'eau. On peut encore employer de l'eau acidulée qui détache les coquillages adhérents comme elle détache des tuyaux les dépôts calcaires. Un remède qui paraît certain consiste à mettre complètement à sec la canalisation pendant quelques jours; les mollusques ne tardent pas à périr dans ces conditions, et une chasse d'eau vigoureuse opérée dans les conduites suffira amplement pour les bien assainir. On peut rendre ce procédé plus rapide et plus efficace en faisant passer de l'eau acidulée dans les conduites avant de les assécher.

L'auteur termine son remarquable travail par deux conclusions qui ont un intérêt tout d'actualité. La première, c'est qu'il ne faut à aucun prix tolérer l'introduction directe, même momentanée, des eaux de rivière dans les conduites réservées aux eaux destinées à l'alimenta-

tion, puisque c'est par cette voie que les mollusques pénètrent dans tout le régime de la canalisation et finissent par l'envahir. La seconde, c'est que, lorsqu'il s'agit d'eau d'alimentation, il faut toujours donner la préférence aux eaux de source qui, outre leurs qualités physiques et chimiques, ont l'avantage d'être plus pures au point de vue malacologique. Non seulement elles sont moins chargées de mollusques, mais ceux qui y vivent sont de taille très minime et inoffensifs au point de vue de la santé publique.

Machines soufflantes de Seraing. — Les établissements de la Société John Cockerill, à Seraing, construisent depuis longtemps des machines soufflantes pour hauts fourneaux qui leur ont valu une juste réputation. Pour faire apprécier les progrès réalisés depuis quarante ans dans la fabrication de ces engins, l'*Engineer* donne la comparaison suivante entre deux machines soufflantes construites par ces usines, l'une en 1853, l'autre en 1893.

1853. — *Cylindre unique sans condensation.*

Pression du vent en centimètres de mercure . . .	12
Pression de la vapeur	2 1/2 *atm*
Diamètre du cylindre à vapeur	1,054
Diamètre du cylindre soufflant	1,829
Course des pistons.	2,438
Nombre de tours par minute.	12 1/2

1893. — *Système Woolf à condensation.*

Pression du vent en centimètres de mercure	25
Pression de la vapeur	5 *atm*
Diamètre des cylindres à vapeur	0,85—1,20
Diamètre du cylindre soufflant	3,000
Course des pistons	2,438
Nombre de tours par minute.	15

Un grand nombre de ces machines ont été fournies non seulement en Belgique, mais encore en France, en Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Russie et dans le Luxembourg.

La Société Cockerill a construit dernièrement pour la Société des Hauts Fourneaux Luxembourgeois une machine soufflante qui diffère notablement des précédentes et se distingue par des détails très intéressants dont nous allons signaler les principaux.

Cette machine est verticale et double avec deux cylindres soufflants et deux cylindres à vapeur, l'ensemble formant une machine compound à réservoir.

Sur la fondation repose une plaque portant deux paliers et entre deux est une fosse pour le volant; ce dernier pèse 14 500 *kg* et a 6,12 *m* de diamètre; sur une grande partie de la circonférence, la jante est creuse, pour que le reste forme un contrepoids non apparent. L'arbre a une manivelle à chaque extrémité, et ces manivelles sont calées à angle droit. A l'aplomb de chaque palier s'élèvent deux montants verticaux

inclinés l'un vers l'autre et portant à la partie supérieure un cylindre soufflant. Au-dessous de ceux-ci et à quelque distance, sont les cylindres à vapeur qui sont pris entre les bâtis verticaux et réunis par côté à ceux-ci. La tige de chaque piston à vapeur sort par le haut pour actionner le piston du cylindre soufflant, et par le bas pour se relier à la bielle qui attaque la manivelle de l'arbre du volant. Les cylindres étant à quelque distance l'un de l'autre, les presse-étoupes des tiges peuvent être abordés très facilement.

Les cylindres soufflants ont 2,35 *m* de diamètre, les cylindres à vapeur 0,90 et 1,50 *m*, donnant un rapport de volume de 2,78; la course commune est de 1,50 *m*. Le réservoir intermédiaire est disposé autour du petit cylindre, de sorte que le diamètre extérieur apparent du petit et le diamètre du grand cylindre sont égaux.

La distribution se fait par des tiroirs cylindriques à piston placés dans l'entre-deux des cylindres. Il y a une détente variable à la main pour chacun, et cette détente est constituée par de petits pistons distributeurs logés à l'intérieur des grands, mus par un excentrique spécial et écartés ou rapprochés l'un de l'autre par une vis à pas inverses, formant ainsi une détente du système Meyer.

L'échappement du grand cylindre porte une soupape qui permet de diriger la vapeur dans l'atmosphère ou au condenseur. Celui-ci est à injection ; sa pompe à air verticale et à simple effet est actionnée, au moyen d'un balancier, par la tête du piston du cylindre à basse pression ; ce balancier donne également le mouvement à la pompe alimentaire et a deux autres pompes destinées à faire circuler l'eau autour des tuyères des hauts fourneaux.

Les pistons des cylindres soufflants ont des garnitures métalliques. Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont disposées en deux rangées circulaires autour des plateaux supérieur et inférieur des cylindres. Ces clapets sont en cuir revêtu de feutre.

Il existe trois plates-formes pour la circulation du personnel: la première un peu au-dessous des cylindres à vapeur, la seconde au-dessus de ceux-ci et la troisième à peu près à mi-hauteur des cylindres soufflants. Ces plates-formes munies de mains courantes sont reliées par des escaliers.

Pour donner une idée des dimensions colossales de ces machines qui ont été étudiées sous la direction de notre éminent collègue M. Kraft, Ingénieur en chef de la Société Cockerill, il nous suffira d'indiquer que le plateau supérieur des cylindres soufflants est à 12 *m* au-dessus du niveau de la fondation sur laquelle repose la base des bâtis. Les deux machines qui composent l'appareil sont écartées de 4,25 *m* d'axe en axe.

Aux essais, à 25 tours par minute, 28 *cm* de mercure pour la pression du vent et 4,8 atmosphères à la chaudière, l'appareil a développé 493 chevaux indiqués. Le débit est de 650 *mc* d'air par minute.

Chemin de fer funiculaire à Hong-Kong. — On a établi depuis quelques années à Hong-Kong un chemin de fer funiculaire qui relie la ville à une colline qui la domine. La pente varie de 4 à 50 0/0: la longueur serait de 368 *m;* il y a deux courbes, l'une de 150, l'autre de 90 *m*. Il n'y a pas moins de 11 ponts métalliques sur le parcours.

La voie a 1,525 *m* d'écartement, elle est simple avec un croisement au milieu de 40 *m* de longueur établi avec trois rails. Ces rails en acier pèsent 17 *kg* par mètre courant ; ils sont posés sur des traverses noyées dans du béton.

Il y a deux cars pouvant contenir chacun 40 personnes assises, et pesant 4 *t*. Ces cars sont reliés par un câble métallique de 28 *m/m* de diamètre qui fait trois tours sur deux tambours de 2,44 *m* de diamètre. Ces tambours sont actionnés par une double machine compound à cylindre de 0,36 et 0,505 *m* de diamètre et 0,610 *m* de course. Une seule des machines est utilisée à la fois, l'autre servant de réserve. La vapeur est fournie par deux chaudières type de locomotive de 40 *ch* chacune ; on y brûle du charbon du Tonkin qui ne donne pas de fumée. Le câble repose sur des poulies fixes posées sur les traverses et écartées de 2,70 *m* à 7,20 *m* en alignement droit ; dans les courbes il y a des poulies verticales et horizontales pour guider le câble.

Entre les rails de support est disposé un rail de sûreté pesant 33 *kg* le mètre courant lequel est embrassé par des freins à mâchoires.

La vitesse est de 10 à 12 *km* à l'heure, bien que les règlements autorisent 15 *km;* elle est même réduite à 6 1/2 *km* au croisement.

Le trajet dure neuf minutes et il y a trois stations intermédiaires.

Le machiniste a à sa portée un tableau avec un index mobile qui lui indique la position des cars à chaque point du trajet. De plus, il y a une communication électrique entre lui et les conducteurs des voitures par le moyen d'un fil tendu au-dessus de la voie et sur lequel frotte un curseur relié aux voitures, dans le genre du trolley des chemins de fer électriques à conducteur aérien. Ce chemin de fer a coûté d'établissement 625 000 *f*. Les détails qui précèdent sont empruntés à l'*Engineering News*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Rapport de M. G. Richard sur l'**unification des filetages.**

M. Ed. Sauvage, Ingénieur des mines, ayant appelé en 1891 l'attention de la Société sur l'intérêt qu'il y aurait à réaliser une entente entre les constructeurs et industriels afin d'arriver à uniformiser et unifier les divers systèmes de vis et d'écrous employés dans les constructions mécaniques, la Société nomma une commission chargée de rechercher, de concert avec M. Sauvage, les meilleurs moyens à employer pour arriver au résultat désiré et d'arrêter les bases à proposer pour l'unification cherchée. C'est le rapport de cette commission que présente M. Richard.

Ce rapport fait remarquer d'abord que, même en se limitant aux vis employées à l'assemblage des pièces de constructions mécaniques, on trouve, dans notre pays, un nombre considérable de systèmes différents de vis. Chaque grande administration, chaque Compagnie de chemins de fer a ses types de filetage, quelquefois même plusieurs, et souvent les différences d'un type à l'autre sont assez minimes pour ne justifier en rien cette diversité.

On a depuis longtemps cherché à modifier cet état de choses sans qu'aucun résultat pratique ait été obtenu, et cependant l'exemple de l'Amérique et de l'Angleterre où les systèmes Sellers et Whitworth sont adoptés à l'exclusion de tous autres prouve qu'un pareil résultat peut être obtenu.

Le mémoire de M. Sauvage étudie plusieurs systèmes de filetage : le choix de la commission s'est porté sur le moins compliqué, lequel se trouve caractérisé par les points principaux :

1° La forme du filet se compose simplement d'un triangle équilatéral avec troncatures droites; forme qui convient pour tous les métaux usuels, que les outils les plus simples peuvent exécuter avec précision et qui est d'ailleurs l'un des plus répandus;

2° Les pas varient de demi en demi-millimètre, suivant les usages généralement adoptés;

3° Une série de vingt numéros-types détermine une collection étendue de vis de dimensions diverses dont les pas et les diamètres sont donnés par une formule des plus faciles à appliquer;

4° Entre les diamètres-types ainsi déterminés, on peut intercaler tous les diamètres intermédiaires qui peuvent être utiles, sans créer, grâce à l'invariabilité des pas entre deux numéros-types, un nouvel outillage.

L'adoption d'un tel système par les intéressés, adoption qui serait un

immense bienfait, ne peut avoir lieu que par suite de la publicité donnée à ce travail. Aussi la commission a-t-elle jugé utile, pour le faire connaître à tous ceux que la question intéresse, d'ajouter à la publication dans le Bulletin de la Société, un tirage à 5 000 exemplaires pour être distribués.

Mémoire sur l'**unification des filetages,** par M. Ed. Sauvage.

Bien que le rapport qui précède fasse connaître l'objet et la division du mémoire dont il s'agit, il nous paraît utile de donner quelques indications supplémentaires sur les matières traitées dans cette note.

Après avoir insisté sur l'importance de l'unification, l'auteur expose les éléments caractéristiques de vis, savoir le diamètre, le pas, la forme du filet et le sens de l'enroulement.

Vient ensuite l'étude du mode d'exécution des vis, puis la nomenclature des divers systèmes de filetage qui sont en nombre très considérable; les plus importants sont passés en revue et des tableaux donnent les dimensions comparatives rapprochées les unes des autres.

Ce mémoire, auquel est jointe une bibliographie, contenant les publications diverses relatives à la question, est suivi d'une Note de M. Marre, Ingénieur de la maison Bariquand et Marre, sur l'exécution pratique des vis à filet triangulaire.

Note sur l'**unification des jauges pour les fils métalliques**, par M. G. Richard.

On distingue dans le commerce les fils métalliques par des numéros de jauge doublement arbitraires en ce que : 1° leurs différents numéros ne correspondent que très rarement à des fractions des mesures employées selon les pays, c'est-à-dire duodécimales en Angleterre et décimales en France, et 2° que la graduation des numéros est presque toujours discontinue, le diamètre réel d'un fil ne variant pas proportionnellement à son numérotage.

Étant donnée cette situation, M. Richard pense qu'il faudrait renoncer à toutes ces jauges arbitraires et se borner, à l'avenir, à des fils et à des jauges dont les diamètres et les graduations soient des nombres entiers de dixièmes de millimètre.

Cette note est suivie de plusieurs tableaux donnant les diverses jauges usitées en France, en Angleterre et en Amérique.

Sur la **machine électrique à recensement**, par M. E. Cheysson.

Cette machine, inventée par M. Hollerith, et perfectionnée par la maison de construction Otto Schæffer, de Vienne, est destinée à venir en aide aux statisticiens pour abréger leurs opérations en travaillant sur les fiches qui sont la base du recensement.

Le point de départ est l'emploi de fiches munies de trous comme les cartons Jacquard. Chaque trou correspond à une des données qui définissent chacun des individus recensés. Ces fiches, préparées par les employés, sont la traduction en chiffres conventionnels de la feuille de ménage fournie.

La fiche préparée étant placée sous le plateau fixe de la machine, se

trouve en présence d'une quantité d'aiguillés terminant des ressorts à boudins fixés à un plateau mobile. Si ces aiguilles sont en présence d'un plein elles sont refoulées en comprimant le ressort, si, au contraire, elles se trouvent en présence d'un trou, elles traversent ce trou, pénétrant dans un godet plein de mercure et établissent un courant qui fait avancer d'un cran l'aiguille d'un compteur correspondant à ce godet. Un seul coup de balancier, rapprochant les deux plateaux de la machine, suffit pour enregistrer toutes les données de la fiche et les additionner sur leurs compteurs respectifs.

Tel est le principe de cet ingénieux appareil qui fonctionne pratiquement dans plusieurs pays, entre autres en Autriche et aux États-Unis. Le prix de ces appareils est de 25 000 à 30 000 *f.*

Compte rendu du concours ouvert par l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, pour la **création d'un type de lunettes d'atelier**, par M. H. Mamy, directeur de cette Association.

Il est inutile de chercher à démontrer la nécessité de l'emploi des lunettes d'atelier pour certaines professions, telles que celles des burineurs, mouleurs, forgerons, casseurs de pierres, etc. Mais un type de lunettes de ce genre, pour rendre tous les services possibles et ne pas être gênant ou incommode pendant le travail, doit remplir un certain nombre de conditions désignées dans le programme du concours ouvert par l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail.

Les appareils soumis à l'examen de la Commission peuvent se résumer dans les quatre classes suivantes :

1° Lunettes avec verres et montures en cuir ;
2° Lunettes avec verres et grillage métallique ;
3° Lunettes entièrement métalliques ;
4° Lunettes du type Simmelbauer.

C'est ce dernier type qui a réuni l'unanimité des suffrages en raison de sa construction bien comprise et de son appropriation judicieuse ; il est dû à M. Simmelbauer, de Montigny-les-Metz, et fonctionne déjà dans un certain nombre d'ateliers où il a donné d'excellents résultats. Ce modèle a reçu le premier prix, et le second a été décerné à la Société des Lunetiers dont certains types ont donné des résultats satisfaisants dans certains cas spéciaux.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mai 1893.

Notice sur la **Vie et les travaux de M. Léon Lalanne,** Inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Chambrelent, Inspecteur général des ponts et chaussées.

Rapport sur les **Travaux du quatrième Congrès international des Chemins de fer (1892)**, par M. WORMS DE ROMILLY, Ingénieur en chef des mines.

Ce rapport a paru déjà dans les *Annales des Mines*, 2e, 3e et 4e livraisons de 1893.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 26. — 1er juillet 1893.

Installations de transport de force et de chaleur en Amérique, par A. Riedler.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite)*.

Les machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par A. Riedler *(fin)*.

Expériences sur la transmission de la chaleur à travers les plaques tubulaires des chaudières marines, par Gorris *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Nouvelle législation sur les petits chemins de fer. — Appareils de distillation. — Pulsomètre.

Variétés. — Exposition de Chicago. — Chicago considéré comme place de commerce et d'industrie. — Ascenseurs pour voitures à Glascow.

N° 27. — 8 juillet 1893.

Élargissement d'une écluse à Hambourg, par C. Merkel.

Installations mécaniques dans les hôtels et maisons de commerce à Chicago, par A. Riedler.

Production de gaz riche d'éclairage au moyen de gaz à l'eau, en Amérique, par E.-F. Dürre.

Chute d'un pont-route à Praunheim, par G. Kerstan.

Installations électriques de Frechen, près Cologne.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Balance pour la mesure de la proportion d'acide carbonique contenue dans les gaz de la combustion. — Expériences sur le glissement des couches de terrain.

Association des Chemins de fer. — Expériences faites en Amérique sur les freins. — Chaudières de locomotives à foyer en maçonnerie.

Bibliographie. — Guide pour le calcul des installations de chauffage et de ventilation, par H. Rietschel.

Variétés. — Exposition de Chicago. — Aciéries de Fr. Krupp, à Essen. — Les forges de Bethlehem, en Pensylvanie. — Installations électriques de Elgoibar — Eibar en Biscaye. — Nouvelle matière isolante.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. MALLET.

Le secrétaire général, gérant responsable,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 13054-6-93. — (Encre Lorilleux).

age à

e de

, syst

rniture

arniture

2,4m

arnitur

arniture

2,4m

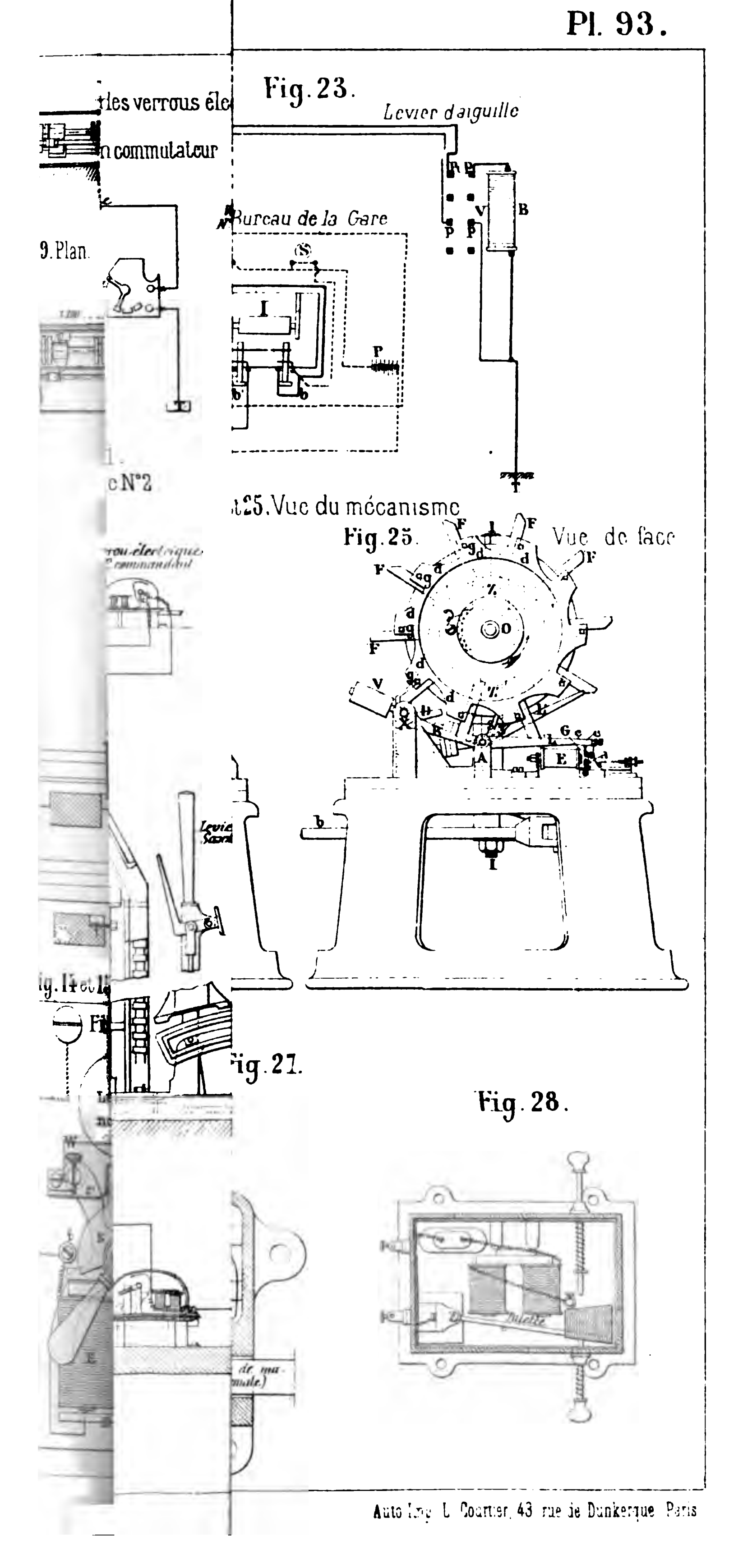
es à gran

Fig. 23.

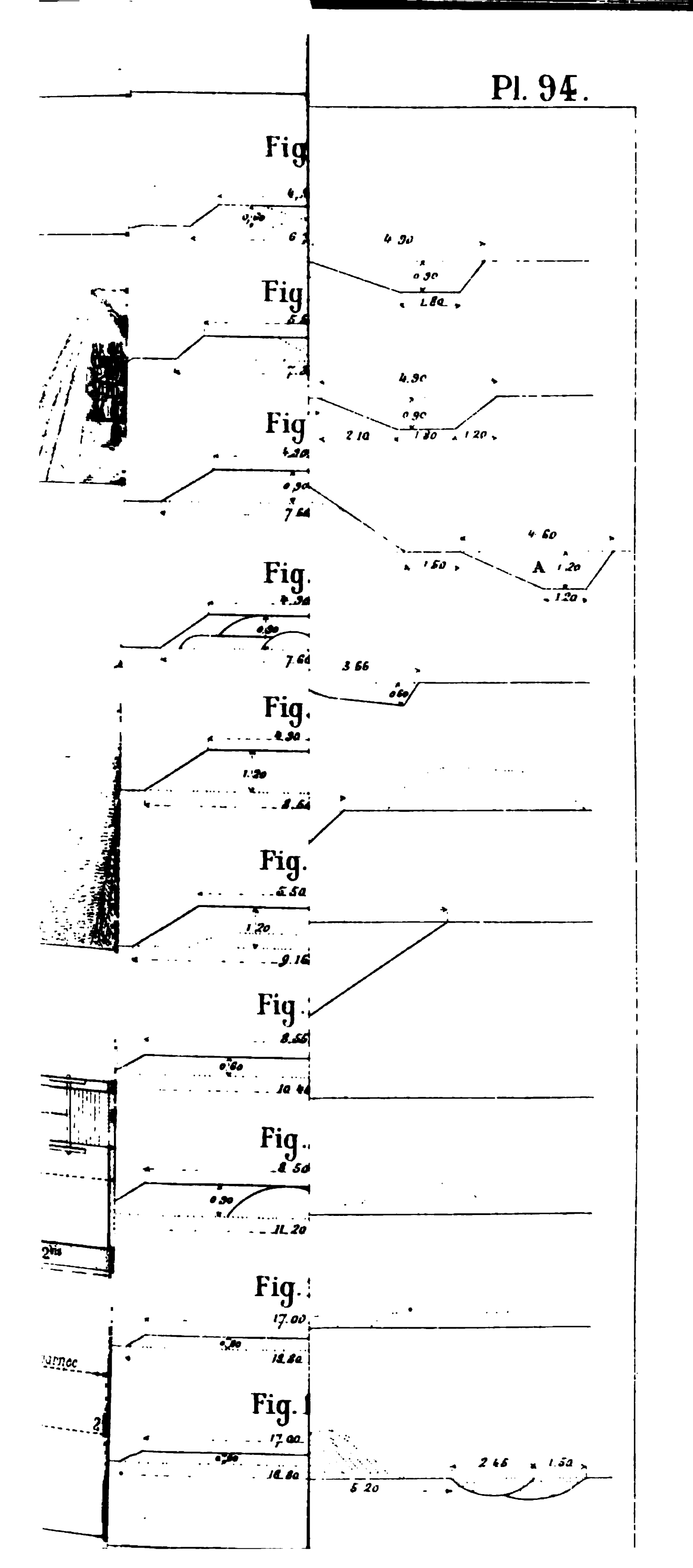
Fig. 25. Vue de face

Fig. 28.

Auto Imp. L. Courtier, 43 rue de Dunkerque Paris



Auto Imp. L. Courtier, 43 rue de Dunkerque Paris


Pl. 94.
Fig
4 90
0 90
1.80
Fig
4.90
0 90
2 10
1 80
1 20
Fig
0 90
7.64
4 60
A
1 20
1.50
1.20
Fig.
0 90
7.64
3 66
0 60
Fig.
4.90
1.20
8.64
Fig.
5.50
1.20
9.16
Fig.
8.56
0 60
Fig.
0 90
11.20
Fig.
17.00
Fig.
17.00
5 20
2 46
1.50

9° *Notes sur les courants alternatifs polyphasés*, par M. G. de Chasseloup Laubat, page 168 ;

10° *Les Gisements aurifères de l'Italie*, par M. D. Federman, page 223 ;

11° *Chronique*, n° 164, par M. A. Mallet, page 228 ;

12° *Comptes rendus*, — page 236.

Pendant le mois d'août 1893, la Société a reçu :

33540 — De M. Olivier de Sanderval. *Soudan français. Kahel. Carnet de voyages* (grand in-8° de 462 p. avec 50 gr. et 5 cartes). Paris, F. Alcan, 1893.

33541 et 33542 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. 1° *Examen sommaire des boissons fermentées*, par Alex. Hébert (petit in-8° de 176 p.); 2° *Fabrication des vernis*, par Laurent Naudin (petit in-8° de 200 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1893.

33543 et 33544 — De M. Benoit-Duportail (M. de la S.). 1° *Turbines hydrauliques. Mémoire adressé à MM. Clapeyron, Tresca, Mary, par M. Fontaine contre M. Fourneyron* (petit in-4° de 149 p.). Paris, Renou et Maulde, 1860 ; 2° *Théorie de l'engrenage hyperbolique*, par J.-B. Bélanger (petit in-4° de 8 p. autogr.). Paris, 1860.

33545 — De M. A. Nyberg. *Murs de quai dans des sols vaseux et peu résistants*. 1re partie : *Murs de quai des ports étrangers* (gr. in-8° de 70 p. avec 8 pl.). Saint-Pétersbourg, 1893.

33546 — De MM. J. et H. Vallot (M. de la S.). *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont Blanc* (altitude 4 365 *m*). Tome I, 1893. (petit in-4° de 187 p.). Paris, G. Steinheil, 1893.

33547 — De M. L. Le Thorel. *L'Exposition de 1900 dans Paris, sur les bords de la Seine. Surface nouvelle, en plus de celle de 1889 : 22 hectares et demi* (petit in-4° de 22 p. avec 1 pl.). Paris. Pradier, 1893.

33548 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Considérations sur le régulateur de Watt. — Régulateur à double action centrifuge et tangentielle et à stabilité variable. — Obturateur à mouvement louvoyant* (petit in-8° de 29 p.). Paris, Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers, 1893.

33549 — De M. Walter Strapp (M. de la S.). *Diagramme montrant le développement des applications des six principaux systèmes de freins employés en Angleterre par les Compagnies de chemins de fer, du 30 juin 1880 au 31 décembre 1892* (une feuille autogr.). Paris, P. Loddé, 1893.

33550 à 33555 — De M. J. Carimantrand (M. de la S.). *Compagnie du chemin de fer du Nord de l'Espagne. Rapport du Conseil d'administration*. Années 1887, 1888, 1889, 1891, 1892 et 1893. Paris, P. Mouillot.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'août 1893 sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

A.-A. Collet,	présenté par MM.	Broca, Nougaret, Blétry.
F.-H. Gaillardet,	—	Boulet, Hart, Varennes.
P.-E. Jacquel,	—	Chassevent. Horstmann, Weidknecht.
H. Jungck,	—	Jousselin, Ch. Marteau, de Dax.
J.-M.-G. Lavergne-Laurent,		Jousselin, J.-B. Hersent, de Dax.
G.-P. Portier,	—	Jousselin, Jannettaz, Van den Berghe.
L.-A. Ratouis,	—	Jousselin, Pettit, H. Regnard.
H. Rodrigues-Henriques,	—	Baudoux-Chesnon, Broca, H. Pereire.
H. Roy,	—	Jousselin, Berthon, Chatard.
Ch.-H. Touaillon,	—	Jousselin, Bougarel, Guérin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1893

Séance du 4 août 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos collègues :

M. Claparède (Frédéric-Moyse). Membre de la Société depuis 1867, constructeur de machines et de matériel naval à Saint-Denis (Seine), chevalier de la Légion d'honneur, décédé à l'âge de soixante-seize ans. Il avait créé dans ses ateliers un outillage des plus intéressants, et fait faire de grands progrès à la construction des torpilleurs.

M. Achard (Ferdinand-Auguste). Membre de la Société depuis 1859, Ingénieur-électricien, lauréat de l'Académie des Sciences, créateur de l'embrayage et du frein électriques, chevalier de la Légion d'honneur. M. Achard était ancien élève de l'École Polytechnique et il a attaché son nom à la question de l'arrêt rapide des trains au moyen de l'électricité. Mais quoique ces appareils fussent très ingénieux, et malgré les résultats donnés par les essais en service sur divers réseaux, notamment sur ceux de l'Est et de l'État, l'application du frein électrique ne s'est pas développée.

M. Fousset (Louis-Alphonse). Membre de la Société depuis 1880, ancien Ingénieur en chef, directeur du Chemin de fer d'Arzew à Saïda, et administrateur des Tramways à vapeur de la Sarthe, ancien élève de l'École centrale. M. Fousset, qui disparaît dans la force de l'âge, était un spécialiste des plus distingués en matière de chemins de fer secondaires et de tramways. C'était en même temps un homme d'action d'une énergie peu commune ; il convient de rappeler à ce sujet que c'est lui qui prolongea de Saïda à Mecheria, pendant l'insurrection du Sud oranais, la ligne d'Arzew, ce qui lui valut la croix de chevalier de la Légion d'honneur.

Enfin, M. Henri Maus, Ingénieur belge, directeur général honoraire des Ponts et Chaussées et des Mines, membre de l'Académie royale de Belgique, officier de la Légion d'honneur, décédé le 11 juillet dernier. M. Maus était un des ingénieurs les plus remarquables de Belgique ; il a participé à la construction de nombreuses lignes de chemins de fer, principalement en Italie, et a étudié des machines perforatrices pour le percement des tunnels.

M. le Président donne avis de la fermeture de la bibliothèque pendant la durée des vacances, en raison des travaux à exécuter au mur mitoyen et dans l'escalier de l'hôtel détériorés par les eaux de l'immeuble voisin.

M. le Président fait part de l'invitation que nous avons reçue d'assister au Congrès d'hygiène et de démographie de Budapest. Nous pourrions y être représentés par ceux de nos collègues qui résident en Autriche-Hongrie.

M. le Président communique à la Société la lettre suivante de M. Desgrandchamps :

« Monsieur le Président,

» Je lis dans le résumé de la séance du 7 courant que la Société des » Industriels de France contre les accidents du travail ouvre un con- » cours pour la création d'un bon modèle de masque respirateur contre » les poussières.

» Permettez-moi, à ce sujet, de vous présenter quelques réflexions » dictées par l'expérience acquise pendant un séjour de trente-cinq » années dans les ateliers de la Compagnie P.-L.-M.

» A de rares exceptions près, je crois que la solution de ce problème » réside bien plus dans les mesures préventives qui sont adoptées en » vue d'éloigner des locaux occupés par les ouvriers les poussières pro- » duites par le travail des meules ou des outils similaires que dans » l'emploi d'un masque respirateur qui, malgré sa perfection, sera tou- » jours une gêne pour celui qui l'emploiera.

» Il me suffira, pour mettre en évidence l'avantage du premier moyen » sur le second, de vous signaler une application qui a été faite il y a » environ cinq années.

» A cette époque, je faisais encore partie du personnel dirigeant les » ateliers de cette Compagnie ; et, à un moment donné, nous eûmes à » dresser avec la meule en émeri quantité de briques réfractaires que » l'on montait successivement sur une machine à raboter transformée » en vue de ce travail.

» Dès le début de l'opération on constata immédiatement l'impossibi- » lité absolue de laisser séjourner, sans danger, les ouvriers dans une » atmosphère chargée de poussières aussi ténues.

» Pour obvier à ce grave inconvénient, les Ingénieurs de la Compa- » gnie adoptèrent ce que j'ai appelé un mesure préventive, en renfer- » mant la meule dans une enveloppe mise en communication par un » tuyau avec un ventilateur aspirant.

» Les poussières, aspirées au fur et à mesure qu'elles se produisaient, » étaient conduites ainsi jusque dans une espèce de citerne remplie » d'eau où elles se déposaient.

» Un nettoyage mensuel de la conduite et du ventilateur assurait le » bon fonctionnement de cette installation qui avait l'avantage, sur le » masque respirateur, de garantir des poussières, non seulement les » ouvriers chargés de ce travail, mais aussi toutes les personnes qui par » leurs fonctions étaient appelées à séjourner plus ou moins longtemps » dans cet atelier.

» Je vous ai signalé cet exemple parce que je le crois d'une application » presque générale ; en tous cas, pour les exceptions, on pourrait » peut-être s'en inspirer dans l'installation à adopter.

» J'ose espérer, Monsieur le Président, que cette communication » pourra être de quelque utilité à ceux de nos collègues que la question » intéresse ; et, dans cet espoir, je vous prie, etc.

» E. Desgrandchamps.

» Paris, 28 juillet 1893. »

M. Simon, qui est membre du Comité exécutif de l'Association contre les accidents du travail, fait observer que, dans certains cas et pour certains travaux, il n'est pas possible d'installer des aspirateurs et qu'alors le masque s'impose. C'est pour cela que l'Association a ouvert un concours et proposé un prix pour le meilleur modèle de masque.

M. le Président rappelle à ce sujet une communication de M. Piarron de Mondésir sur l'aspiration des poussières par ventilateurs à la manufacture d'armes de Saint-Étienne et à Nancy.

M. Simon cite, à son tour, les aspirateurs de poussières de la Compagnie du Nord, qui fonctionnent très bien ; mais il insiste sur ce point que ces appareils ne remplissent pas le but visé par le concours relatif au *masque*.

M. le Président annonce que M. Haag, dont on connaît les intéressants travaux sur le Métropolitain, revient de Berlin, où il a étudié la Stadtbahn et les grandes gares, et nous annonce une communication à ce sujet pour le mois de novembre prochain. En attendant, il nous signale, dans la lettre suivante, les résultats généraux de sa nouvelle étude :

« Monsieur le Président,

» Au retour d'un voyage d'étude d'où j'ai rapporté d'assez nombreux » documents nouveaux, je prépare un travail d'ensemble sur le Métropolitain de Berlin et sur les grandes gares d'Allemagne. Très reconnaissant à la Société des Ingénieurs civils du sympathique accueil » que mes communications ont toujours trouvé auprès d'elle, j'ai l'intention de lui faire connaitre, avant de les publier, les parties principales de ce travail, qui sera terminé pour la fin d'octobre. Je viens » vous prier, en conséquence, de vouloir bien, si rien ne s'y oppose, » inscrire cette communication pour l'une des séances de novembre prochain.

» En attendant, la question du Métropolitain étant toujours d'actua-
» lité, permettez-moi de signaler déjà aux membres de la Société, par
» votre bienveillante entremise, quelques-uns des résultats les plus
» saillants relatifs à la Stadtbahn de Berlin.

» Ma dernière communication (du 6 mai 1892) s'arrêtait à l'exercice
» 1890-91 (les exercices sont comptés du 1er avril de chaque année au
» 31 mars de l'année suivante).

» Depuis lors, le trafic n'a cessé de croître et dans des proportions qui
» dépassent ce que les résultats précédents pouvaient faire prévoir.

» On peut en juger par les quelques chiffres suivants :

» En 1890-91,	le *nombre des billets délivrés* avait été de *35 millions;* il » a été de *40 millions* en 1891-92, en augmentation » de.		14 0/0
»	—	le *nombre approximatif des voyageurs* » *transportés* (1) avait été de *41 mil-* » *lions;* il a dépassé *50 millions* en » 1891-92, en augmentation de. . . .	25 0/0
»	—	la *recette du trafic-voyageurs* avait été de » *6 950 000 f;* elle s'est élevée à » *7 660 000 f* en 1891-92, en augmen- » tation de.	10 0/0
»	—	celle du *trafic des Halles* avait été de » *872 000 f;* elle a été de *990 000 f* en » 1891-92, en augmentation de. . . .	14 0/0
»	—	le *produit de la location des boutiques et* » *locaux divers* avait été de *512 000 f;* » il s'est élevé à *589 000 f* en 1891-92, » en augmentation de.	14 1/2 0/0

» Enfin si, totalisant les recettes d'exploitation et leur appliquant,
» comme précédemment, le coefficient d'exploitation de 57 0/0, on ajoute
» au chiffre ainsi obtenu le produit des locations, on trouve pour la
» recette nette :

» En 1890-91, 3 500 000 *f*, soit environ 3,5 0/0 du capital d'établis-
» sement ;

» En 1891-92, 4 300 000 *f*, soit 4,3 0/0 du même capital.

» Ces brillants résultats, qui (d'après des renseignements partiels
» que j'espère pouvoir compléter bientôt) se sont encore accentués pen-
» dant l'exercice 1892-93, sont dus évidemment, pour la plus grande
» part, au développement normal de la circulation, mise en possession
» d'un instrument de transport fort heureusement combiné pour satis-
» faire à ses besoins. Mais ils doivent être aussi attribués en partie à
» certaines innovations dans le service et à de nouvelles réductions de
» tarifs, sur lesquelles je désire attirer l'attention de la Société.

» Ainsi, au point de vue des *tarifs*, c'est pendant l'exercice 1891-92

(1) Le nombre des *voyageurs transportés*, très supérieur à celui des *billets délivrés*, ne peut être évalué que d'une façon approximative, à cause des *aller et retour*, des *billets ouvriers de semaine* et des *cartes d'abonnement*, qui ne sont comptés que comme unités dans la totalisation des billets.

» (à partir du 1er octobre 1891) que le nouveau tarif de zones, présen-
» tant une réduction considérable sur le tarif précédent, est entré en
» vigueur.

» Ce tarif, que j'ai déjà mentionné dans ma dernière communication,
» ne comporte que deux prix pour chaque classe dans tout le service
» urbain, soit :

» 10 pfennigs (0,125 *f*) en 3e classe et 15 pfennigs (0,187 *f*) en 2e classe
» pour cinq intervalles de stations;

» 20 pfennigs (0,250 *f*) en 3e classe et 30 pfennigs (0,375 *f*) en 2e classe
» pour tout le réseau.

» Plus récemment, une modification nouvelle, dont les bons résul-
» tats se font déjà sentir, a porté sur les *cartes d'abonnement*.

» Au lieu des anciennes cartes d'abonnement qui étaient trimes-
» trielles, semestrielles ou annuelles, et comportaient trois prix pour
» chaque classe, on délivre actuellement des *cartes mensuelles* dont les
» prix, très réduits, correspondent aux zones de tarification des billets
» ordinaires, soit :

» 3 marcs (3,75 *f*) en 3e classe, et 4,50 marcs (5,62 *f*) en 2e classe, pour
» cinq intervalles de stations.

» 4,50 marcs (5,72 *f*) en 3e classe, et 7 marcs (8,75 *f*) en 2e classe,
» pour tout le réseau.

» En outre les *billets ouvriers journaliers* ont été supprimés et le prix
» des *billets ouvriers de semaine* a été réduit de 1/10e.

» Dans le service de banlieue, les prix ont été fort abaissés égale-
» ment, et des cartes d'abonnement mensuelles, analogues à celles du
» service urbain, ont été mises en circulation.

» Enfin, pour les trains de grandes lignes, les surtaxes primitives
» ont été supprimées et les billets, dont le prix est calculé d'après
» la distance kilométrique de l'extrémité du parcours à la station de
» Friederichstrasse, sont valables pour toutes les grandes stations de
» la Stadtbahn.

» Au point de vue de l'*exploitation* le nombre des trains a été consi-
» dérablement augmenté ; on compte actuellement sur les voies ur-
» baines :

438 trains par jour dans chaque sens, en semaine.
489 — — le dimanche.

» Ce mouvement correspond, aux heures chargées du service, à un
» passage de 16 trains par heure dans chaque sens, soit un train toutes
» les trois minutes et demie.

» Sur la *Ceinture* (qui, comme on sait, fait corps entièrement avec
» la Stadtbahn, et constitue avec elle le réseau urbain dont celle-ci
» est le diamètre), les passages de trains ont été également multipliés;
» le service régulier de demi-heure y fonctionne actuellement pendant
» toute la journée, et aux heures de forte circulation, il y a un train
» tous les quarts d'heure.

» J'ai déjà signalé l'influence considérable qu'avait exercée la création
» de la Stadtbahn sur l'expansion de la ville de Berlin et sur le déve-
» loppement des quartiers excentriques. Ce phénomène, de plus en plus

» facile à constater, se traduit par une augmentation tout à fait remar-
» quable dans le trafic de Ceinture.

» Cette ligne, dont le développement est à peu près équivalent à celui » de notre Ceinture parisienne, a été construite il y a une quinzaine » d'années dans des régions qui, à cette époque, étaient encore presque » inhabitées. Le terrain étant plat, on l'avait établie, sans grands tra- » vaux et sans grands frais, généralement à fleur de sol.

» Depuis la création de la Stadtbahn, toutes régions traversées par » la Ceinture se trouvant mises en communication d'une façon directe, » fréquente et économique avec le centre, la population s'y est portée, » des quartiers entiers s'y sont bâtis et le mouvement de la Ceinture » s'est accru dans des proportions dont les chiffres suivants peuvent » donner une idée.

» Pendant la dernière période quinquennale (de 1886-87 à 1891-92) :

» Le *nombre des billets délivrés* sur la Ceinture s'est élevé de 3 500 000 » à 8 650 000, en augmentation de 145 0/0.

» Le *chiffre des recettes* (malgré les abaissements de tarifs) a passé de » 560 000 marcs à 1 470 000 marcs en augmentation de 160 0/0 (1).

» En raison de ces accroissements et en prévision d'accroissements » futurs encore plus considérables, l'administration de la Stadtbahn » vient de faire établir la *quadruple voie* sur toute l'étendue de la Cein- » ture. En même temps *les passages à niveau ont été supprimés*, les sta- » tions ont été reconstruites et agrandies, et par endroits, dans les quar- » tiers déjà bâtis, un viaduc en maçonnerie, analogue à celui de la ligne » métropolitaine centrale et utilisable comme lui, est déjà substitué au » remblai primitif.

» C'est grâce à ces transformations que le service de demi-heure et » même de quart d'heure a pu être établi sur la Ceinture. Ce service » occupe l'un des deux couples de voies, l'autre couple restant réservé » au service des marchandises qui doit y fonctionner, concurremment » avec celui des voyageurs, puisque Berlin ne possède pas encore de » ligne de jonction analogue à notre grande Ceinture. Mais le jour où » le mouvement des voyageurs nécessitera l'absorption du second couple » de voies, une grande Ceinture pour les marchandises sera facile et » peu coûteuse à construire dans les terrains plats et généralement sans » grande valeur qui entourent la banlieue berlinoise.

» Je disais, en terminant ma dernière communication, qu'à mon avis » une condition essentielle en matière de chemins de fer et surtout de » chemins de fer urbains, consistait à prévoir largement, et plutôt trop » largement l'avenir. Le métropolitain de Berlin nous offre à cet égard » un double exemple qu'il est bon de méditer.

» Sur la ligne centrale, l'administration de la Stadtbahn regrette au- » jourd'hui de n'avoir pas adopté la sextuple voie qui lui permettrait de » donner à ses services toute l'extension désirable, et créé de plus nom-

(1) Il peut sembler étrange, les tarifs ayant été fort abaissés, que l'augmentation de recettes soit supérieure à celle des billets délivrés ; cette anomalie apparente s'explique par ce fait, déjà signalé, que dans le total des billets, les aller et retour, cartes d'abonnement, etc., sont comptés comme billets simples. Sur la Ceinture, le nombre des cartes de semaine et mensuelles s'est surtout beaucoup accru.

» breuses rues latérales qui mettraient en valeur ses arcades pour des » locations dont elle reconnaît aujourd'hui toute l'importance.

» Sur la Ceinture, en prévision de l'avenir, elle agit très sagement, » selon nous, en exécutant des travaux de transformation et d'agran- » dissement considérables avant que le développement des faubourgs et » les plus-values des terrains, provoqués par le chemin de fer lui-même, » ne rendent ces remaniements si dispendieux qu'ils en deviennent im- » praticables.

» Tels sont, Monsieur le Président, les quelques points sur lesquels » je crois intéressant d'attirer, dès aujourd'hui, l'attention de la Société » des Ingénieurs civils.

» Veuillez agréer, je vous prie, l'expression de mes sentiments parti- » culièrement distingués.

» Paul Haag. »

M. le Président propose d'adresser à M. Haag les remerciements de la Société pour cette intéressante communication. *(Approbation.)*

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Compère sur les *Causes des accidents des chaudières multitubulaires.*

M. Compère rappelle tout d'abord que dans une communication qu'il a faite l'an dernier sur les conditions de recette des tubes de chaudières multitubulaires, il a fait ressortir toute l'importance que M. Vinçotte, son collègue de Bruxelles, attache à la question de la soudure des tubes dont le décollage suffit, d'après lui, pour expliquer la moitié des accidents survenus aux chaudières multitubulaires.

Pour justifier cette préoccupation, il serait intéressant de consulter les statistiques; malheureusement elles sont très incomplètes.

Malgré cela, M. Compère a fait de nouvelles recherches dans les statistiques françaises sur les causes des accidents des générateurs multitubulaires depuis 1876 jusqu'à 1891.

Il a classé les accidents :

1° Suivant le système des générateurs;

2° D'après leurs causes;

3° Suivant les milieux où ils se sont produits : à bord des bateaux, dans les usines proprement dites, dans les secteurs électriques.

Des causes survenues aux accidents, M. Compère déduit un certain nombre de prescriptions dans la conduite et l'entretien des chaudières.

Ces causes peuvent se résumer ainsi pour les trente-trois accidents survenus dans la période considérée :

Classification des accidents arrivés aux chaudières multitubulaires

				Nombre de		
				Accidents	Tués	Blessés
Déchirures de tubes	Au coup de feu	Manque d'eau.	Par défaut d'alimentation. . .	7	4	3
			Par obstruction.	6	2	2
		Cas divers		5	2	2
	et des tubes surchauffeurs	Chaudières à niveau d'eau dans le faisceau tubulaire.		5	3	5
		Corrosions extérieures.		1	1	1
Projection de tubes, dont quatre cas de serrage en marche. . . .				8	8	11
Mauvais montage de chaudière				1	3	»
				33	23	24

Sur ces trente-trois accidents, le décollage de soudure n'a été relevé que dans cinq cas, et encore dans ces cinq cas y en est-il trois qui ont eu pour cause première le manque d'eau ; la proportion de décollage des soudures est donc, d'après les statistiques françaises, beaucoup plus faible que celle relevée par M. Vinçotte.

M. Compère conclut en disant que si les prescriptions qu'il a indiquées étaient bien répandues dans le public industriel, elles permettraient à l'avenir d'éviter tous les accidents autres que le manque d'eau par défaut d'alimentation et obstruction et encore ceux-ci, qui existent dans la proportion de 40 0/0, seraient-ils diminués par une meilleure conduite et un meilleur entretien des appareils.

La proportion d'accidents parmi les chaudières multitubulaires actuellement en activité, qui est, d'après les statistiques, de deux à trois fois plus grande qu'avec les autres chaudières, se trouverait donc ainsi diminuée jusqu'à lui être égale et elle pourrait certainement lui devenir inférieure.

En outre des statistiques officielles, M. Compère ajoute qu'il serait utile que les défauts des chaudières multitubulaires fussent relevés et classés comme les Associations l'ont fait peu à peu pour les défauts des chaudières ordinaires.

Comme défauts, il faut relever même ceux qui n'auraient pas été dangereux et n'auraient pas entrainé de réparation, car il faut remarquer qu'une même cause peut entrainer accident ou non; que l'accident est mortel en lui-même et que c'est souvent une simple question de hasard qui fait que l'accident a ou non pour conséquence des morts et des blessés.

Cette étude sur les causes des accidents des chaudières multitubulaires a amené aussi M. Compère à rechercher si la préoccupation des constructeurs à en diminuer le prix de revient, en dehors de toute question de qualité de métal employé, n'aura pas d'inconvénient au point de vue de la sécurité; il est à remarquer, en effet, que, d'après leurs proportions seulement, on peut diminuer le prix de revient du mètre carré de surface de chauffe des générateurs multitubulaires en adoptant des tubes longs.

De même à égalité de dimensions de tubes, diamètre et longueur, les tubes plus minces rendent également les chaudières moins lourdes et moins chères.

Tout d'abord, d'une manière générale, avec des tubes minces, la surchauffe est plus facile.

Quant aux tubes longs, leur adoption diminue la circulation, et par suite l'utilisation ; le défaut de circulation peut laisser se former plus facilement l'obstruction par des poches de vapeur ou par des incrustations et faciliter ainsi la surchauffe des tubes.

A un autre point de vue, l'adoption des tubes longs permet d'arriver à de grandes surfaces de chauffe par unité de chaudière ; mais, comme pour les chaudières non-multitubulaires, cette tendance à augmenter la surface de chauffe par appareil sera limitée dans l'avenir par le manque de proportion auquel on arrivera forcément entre les surfaces de grille et de chauffe ; il en résultera peu à peu des feux trop poussés et des tubes ou tôles de coup de feu trop fatigués.

Enfin, en raison des longueurs de grille de 2 *m*, longueur qu'on ne

peut guère dépasser pratiquement, les tubes longs comportent forcément un chauffage direct à leur partie antérieure et un chauffage en retour à leur partie arrière ; de là, des dilatations inégales sur la longueur des tubes et une circulation moins précise.

D'ailleurs avec les tubes longs, chauffés ainsi en parcours différents, les constructeurs font reposer souvent les chaudières par les tubes inférieurs, qui sont au droit de l'autel, trop fortement chauffés.

En terminant, M. Compère dit que, malgré la proportion plus faible de décollages de soudures donnée par les statistiques françaises, la bonne fabrication de tubes n'en reste pas moins un élément important de la sécurité ; et il présente le nouveau cahier des charges de la Marine pour les fournitures de tubes en acier, en date du 30 mai 1892, lequel a remplacé celui du 2 juin 1890.

Tout d'abord un point capital se dégage de la lecture de ce cahier des charges : ce sont des prescriptions nouvelles, mais pour les tubes soudés seulement ; il semble qu'il faille en conclure que les tubes soudés n'inspirent qu'une médiocre confiance à la Marine, dont la préférence serait alors pour les tubes sans soudure qu'elle essaye d'ailleurs, en ce moment, sur diverses chaudières de la flotte.

Industriellement, la question est moins tranchée, en raison du prix beaucoup plus élevé auquel reviennent actuellement les tubes sans soudure.

Au point de vue technique, M. Compère donne les résultats d'essais de traction qu'il a faits sur des soudures de tubes et qui permettent de conclure qu'une soudure, si elle est bien faite, donne tout autant de sécurité que le métal lui-même du corps des tubes.

Ces réserves faites, sur la comparaison entre les tubes soudés et ceux sans soudure, le cahier des charges de la Marine comporte, en dehors de la pression d'épreuve hydraulique de chaque tube, qui est portée de 30 à 50 *kg*, les nouvelles prescriptions suivantes pour les tubes soudés.

1° L'examen des tubes sous pression doit être accompagné de leur martelage, ce qui n'était pas stipulé auparavant ;

2° La lecture de la largeur du recouvrement de la soudure aux extrémités au moyen de l'acide est imposée alors qu'elle ne l'était pas ; seulement au lieu d'exiger un recouvrement uniforme de 20 *mm* comme M. Vinçotte, la Marine prescrit qu'il devra être au moins égal à deux fois l'épaisseur du tube.

Cette prescription conduit à admettre de faibles recouvrements, contrairement aux exigences de M. Vinçotte.

M. Compère pense qu'on pourrait admettre une largeur de recouvrement de 15 0/0 du diamètre avec minimum de deux fois l'épaisseur du tube.

3° La soudure est vérifiée sur toute sa longueur, et non plus aux extrémités seulement, par le passage d'un boulet qui augmente le diamètre de 1/40 ; le tube est ensuite étiré à froid pour être ramené à son diamètre initial.

Cette méthode d'essai étant très récente, il y a lieu d'en attendre les résultats, quoiqu'en principe elle doive donner toute sécurité sur la soudure des tubes et sur la qualité du métal employé à la fabrication.

L'étirage à froid prescrit après le passage au boulet se fait en trois ou quatre fois, pour ramener doucement les molécules à leur position initiale et détruire ainsi peu à peu l'effort très brutal que leur a fait subir le passage au boulet; après les étirages, les tubes sont brillants et parfaitement lisses.

Il est incontestable que, d'une part, les rebuts plus nombreux qu'entrainent cet essai au boulet et l'étirage fait ensuite à froid, et que, d'autre part, la main-d'œuvre qu'exige cette méthode d'essai, augmenteront le prix des tubes et par suite celui des chaudières ; néanmoins ce prix des tubes restera bien inférieur à celui des tubes sans soudure.

Quelque garantie que présente cette nouvelle méthode d'essai, elle est évidemment très barbare et elle demande à être étudiée avant d'en adopter l'application.

D'ailleurs, pour diminuer la plus-value que ferait subir au prix des tubes cet essai de récette, tel qu'il est prescrit par la marine, M. Compère a recherché s'il ne serait pas possible de le simplifier en ne faisant qu'à chaud, et en une seule chaude, l'étirage nécessité par le passage au boulet pour ramener le tube à son diamètre initial.

Des essais de traction sur des tubes fabriqués spécialement à cet effet sont venus confirmer qu'avec cette méthode d'essai, la résistance des tubes et de la soudure n'était nullement altérée.

Quoi qu'il en soit, toutes ces prescriptions, recouvrement de 20 *mm* demandé par M. Vinçotte, passage au boulet suivi d'étirages à froid, comme la Marine le prescrit, ou d'étirage à chaud, tel que le propose M. Compère, auront pour effet d'améliorer la fabrication des tubes, tant dans le laminage en lui-même que dans la qualité de l'acier qui doit etre plus soudable.

Ces divers essais, martelage sous pression, lecture de la largeur du recouvrement, passage au boulet, sont prescrits individuellement pour chaque tube ; c'est là, en effet, la condition indispensable d'une bonne réception, car, par leur fabrication même, la soudure des tubes d'un même lot varie d'un tube à un autre.

M. Compère termine ainsi sa communication : quelque intérêt que présentent d'ailleurs ces essais demandés pour les tubes soudés, d'une part, et quelle que soit la tendance à employer les tubes sans soudure, d'autre part, il ne faut pas oublier que ces essais et cette tendance ne répondent qu'aux préoccupations relatives au décollage des soudures ; or, nous avons fait ressortir dans cette étude que les accidents de chaudières multitubulaires ne proviennent qu'en faible partie de décollage de soudures, qu'ils sont dus surtout à des défauts d'entretien et de conduite.

Malgré cela, comme pour les tôles de chaudières, un contrôle bien raisonné de la bonne fabrication des tubes n'en reste pas moins un des éléments importants de la sécurité, et en résumé, avec de bonnes proportions et une construction parfaite, avec des tôles et des tubes de bonne qualité, avec une surveillance attentive et un entretien soigné, le nombre des accidents des générateurs multitubulaires, dont nous avons recherché les diverses causes, devra diminuer peu à peu, en répondant ainsi à nos justes préoccupations au point de vue de la sécurité publique.

M. Brüll demande quelques explications au sujet des chaudières dans lesquelles le faisceau tubulaire est incliné et où, par suite, le niveau de l'eau s'établit de telle sorte qu'il y a une partie des tubes remplie d'eau et une autre partie vide, en contact direct avec les gaz du foyer, ce qui est défendu par les règlements pour toute chaudière qui n'a pas la chance d'être multitubulaire.

M. Compère répond qu'en effet il existe des chaudières de ce genre, le type Oriolle pour bateau, par exemple, et même la chaudière Belleville; il en est encore de même dans les chaudières verticales du genre Aubert ou Field, mais dans toutes ces chaudières les tubes dont il s'agit ne sont pas *surchauffés* dans le sens prohibé par le règlement, car le décret de 1880, qui porte l'interdiction dont parle M. Brüll, stipule qu'« exception est faite pour les tubes ou parties de chaudière qui ne sont pas exposés à rougir, quelle que soit l'intensité du feu ».

M. Périssé fait observer que dans l'essai des tubes par le procédé du boulet, l'augmentation de 1/40 lui parait exagérée et de nature à fatiguer inutilement le métal.

MM. Euverte et Brüll sont d'accord pour constater qu'on dépasse ainsi beaucoup trop le coefficient d'élasticité du métal et que cet essai est excessif.

M. Compère dit qu'après cet essai, le recuit est indispensable et que, dans la pensée de la Marine, il indique une préférence marquée pour les tubes *sans soudure*. Une administration de l'État ne peut pas condamner toute une industrie, mais elle peut imposer dans son cahier des charges telle condition de résistance qui lui parait indispensable. En fait, dans le cas qui nous occupe, ce n'est pas le tube qu'elle entend essayer, mais bien la soudure.

M. Lencauchez entre dans les détails de fabrication des tubes étirés à froid, telle qu'elle est surtout pratiquée en Amérique ; il conclut que ce genre de fabrication exige un outillage tel qu'on ne peut se procurer des tubes sans soudure à moins de 3 *f* le kilogramme.

M. Euverte discute cette assertion et affirme que depuis qu'on fait des tubes en acier dont la soudure est toujours fort difficile, on est arrivé à fabriquer en France, dans plusieurs usines, des tubes sans soudure à des conditions bien plus abordables.

M. Compère constate que l'épreuve au boulet imposée par la Marine vise spécialement les tubes soudés.

M. Anthoni donne un curieux renseignement à propos d'une chaudière Field qu'il a employée très longtemps avec sa disposition primitive, et que les Ingénieurs de l'État, lors d'une épreuve décennale, l'ont obligé à modifier par une garniture en briques réfractaires.

M. le Président remercie M. Compère de sa très intéressante communication si pleine de renseignements pratiques.

L'ordre du jour appelle ***la discussion de la communication de M. Périssé sur les chaudières de la raffinerie Say.***

M. Périssé résume en quelques mots sa communication de l'an dernier (1). Il s'agit de 15 500 m^2 de surface de chauffe d'un seul tenant. Il n'existe pas d'aussi grande installation dans le monde entier, même en Amérique. Elle comprend 27 chaudières anciennes et 41 nouvelles, ces dernières entièrement en tôle d'acier. Le métal employé est de l'acier extra-doux obtenu sur sole basique ou neutre, et dont on a enlevé le tiers du poids du lingot. Cet acier devait donner moins de 40 *kg* de résistance et plus de 30 0/0 d'allongement sur 200 *mm*. En fait, les résultats moyens ont été de 37,5 *kg* de résistance et de 32 0/0 d'allongement.

Ces chaudières sont pourvues d'une alimentation continue fonctionnant automatiquement.

Les grilles sont larges et peu profondes, moins de 2 *m*; on y brûle 40 à 50 *kg* de charbon par mètre carré. C'est un combustible à 60 0/0 de fines maigres donnant 20 à 22 0/0 de cendres.

Les fourneaux présentent des sections qui vont en diminuant à mesure que les gaz se refroidissent. La température des gaz descend à 180° ou 190° au pied de la cheminée. On dispose d'un tirage de 20 *mm* d'eau, alors que 6 *mm* seulement suffisent pour le mouvement des gaz. On a ainsi le moyen d'augmenter beaucoup la production de la vapeur.

On vaporise habituellement 7 *kg* à 7,20 *kg* par kilogramme de combustible de dernière qualité (22 0/0 de cendre). On brûle 2/3 de kilogramme par mètre carré de surface de chauffe, ce qui correspond à une production de 5 *kg* de vapeur seulement par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

On met tous les jours une chaudière hors feu pour nettoyage, et comme il faut trois jours pour cette opération, il y a toujours 65 chaudières en marche sur 68.

Au point de vue économique, les résultats obtenus depuis trois années accusent une économie de 30 0/0 argent, malgré la hausse des combustibles. Les autres avantages se résument ainsi :

Sécurité absolue. — Puissance de vaporisation pouvant être augmentée du tiers ou de moitié en quelques heures. — Fonctionnement et marche de la fabrication à l'abri de tout arrêt provenant du fait de la vapeur. — Enfin aucune dépense de réparation ni de gros entretien au cours de trois ou quatre années consécutives.

M. Périssé termine en rappelant que cette colossale installation a coûté 2 500 000 *f* et dessert la plus grande raffinerie d'Europe, dont la production journalière atteint 500 000 *kg* de sucre raffiné.

M. Euverte voudrait dire un mot de ce qui concerne la question métallurgique. Il a assisté à la création de la fabrication de l'acier en France et rappelle que dans notre pays ce sont les exigences de la Marine qui ont empêché le développement de l'emploi des tôles d'acier. La Marine demandait 42 *kg* de résistance et 26 0/0 d'allongement; dans ces conditions on ne pouvait pas avoir de bonnes tôles à chaudières. En

(1) Voir le *Procès-verbal* de la séance du 1er juillet 1892, et le *Bulletin* du mois de juin 1892.

Russie, où l'on a tout de suite adopté l'acier, on obtient facilement d'excellentes tôles à 38 0/0 de résistance.

M. Planche confirme ce que vient de dire M. Euverte et ajoute que, suivant lui, il faudrait descendre à une résistance comprise entre 35 et 39 *kg* par millimètre carré, qu'il ne faut pas dépasser 39 *kg* pour être certain que le métal est insensible à la trempe. Quant aux tôles de 42 *kg* qui se sont si mal comportées, leur dureté relative n'explique pas seule un aussi mauvais résultat; il est probable qu'il faut l'attribuer en partie aussi soit à l'absence de recuit des tôles après formage, soit à la présence d'une proportion sensible de phosphore dans le métal.

M. Périssé fait observer que la Marine n'est pas la principale coupable, mais bien l'Administration des travaux publics avec sa circulaire de 1863 (signée Rouher) qui autorisait pour les chaudières de locomotives l'emploi de l'acier, mais à 60 *kg* de résistance ! Ce qui équivalait à dire : je vous autorise, mais je vous impose un métal qui ne résistera pas parce qu'il résiste de trop !

M. le Président fait donner lecture de la lettre suivante de M. Pourcel qui n'a pu assister à la séance :

« L'intéressante communication de M. Périssé sur laquelle la discus-
» sion est ouverte, touche à plusieurs questions techniques. M. Pourcel
» ne présentera quelques observations que sur celle qui entre dans sa
» spécialité : *l'emploi de l'acier dans la construction des chaudières ;* et il
» en prendra occasion pour dire son opinion sur les cahiers des charges
» — en général — en parlant de celui de l'*Association des Propriétaires*
» *d'appareils à vapeur de Lille*, spécialement visé dans le travail de
» notre collègue.

» Les cahiers des charges décrivent, en les spécifiant, les conditions
» physiques et les propriétés mécaniques auxquelles doit satisfaire le
» matériel que le consommateur demande au producteur. Rédigés dans
» ces limites, les cahiers des charges constituent l'expression d'un droit
» légitime incontestable et incontesté. Mais, de légitime, ce droit devient
» abusif, quand le consommateur l'étend jusqu'au point de vouloir
» réglementer des détails de fabrication. Que chacun soit libre d'intro-
» duire les clauses qu'il veut dans son cahier des charges, personne ne
» le conteste et n'a l'idée d'apporter de restriction à cette liberté. Mais,
» du moins, faudrait-il apporter certain tempérament dans l'usage
» qu'on en fait; et la Société des Ingénieurs civils de France, où se trou-
» vent représentés les intérêts les plus divers des consommateurs et des
» producteurs, a non seulement le droit mais le devoir de porter sa cri-
» tique impartiale sur une question qu'on peut qualifier d'intérêt
» général.

» Notre collègue, M. Cornut, que la mort a enlevé prématurément à
» ses travaux, en qualité d'Ingénieur en chef de « l'Association des
» Propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France » a, le pre-
» mier, dans le cahier des charges de cette Association, imposé l'em-
» ploi de l'acier obtenu sur sôle basique pour la tôle à chaudière.

» On doit lui en savoir gré, et si M. Périssé a aidé à cette innovation,

» ou bien l'a inspirée, on doit aussi l'en féliciter, attendu qu'elle rompt » franchement avec un préjugé et marque le point de départ d'un pro- » grès dans lequel la Russie, pour sa marine, avait devancé la France.

» Dans tous les cas, M. Périssé nous dit que pour la fourniture du » métal qui a servi à la construction des chaudières de la raffinerie » Say, ce sont les clauses du cahier des charges rédigé par M. Cornut » qui ont été appliquées. Les voici rapportées :

» *Extraits du cahier des charges de l'Association des Propriétaires* » *d'appareils à vapeur du nord de la France.*

. . . .

» Les tôles d'acier devront être faites avec des lingots provenant *ex-* » *clusivement de métal basique*, fabriqué au four Martin-Siemens, à l'ex- » clusion de tout métal provenant d'un convertisseur.

» Les tôles devront être faites exclusivement avec les parties infé- » rieures des lingots ; à cet effet on devra abattre la partie supérieure des » lingots, et le poids ainsi enlevé devra être de 30 à 35 0/0 du poids » total du lingot primitif.

» La chute sera détachée du lingot à froid, au marteau-pilon. L'as- » pect de la cassure de la partie destinée à faire les tôles sera examiné » avec le plus grand soin, et on s'assurera qu'elle est absolument » exempte de soufflures ou d'autres défauts.

» L'épaisseur de chaque lingot doit être égale à quinze fois au moins » l'épaisseur de la tôle finie.

. . . .

» Le bulletin de livraison portera devant chaque tôle le numéro de » la coulée et la composition chimique de chaque coulée.

» Toutes les tôles, sans exception, seront livrées 10 *cm* plus longues, » de manière à pouvoir prélever au moins deux épreuves de traction, » et une épreuve pour le pliage après trempe, aux extrémités.

» *Essais sur les tôles au naturel, après recuit chez le fabricant :*

» 1° Résistance de rupture à la traction : 40 *kg* par *mm*² maximum;

» 2° Allongement sur 200 *mm* mesuré après rupture 30 0/0 minimum.

» Pliage à bloc après trempe au rouge cerise dans l'eau à 28°.

» Le métal trempé dans ces conditions, essayé à la traction, devra » donner une résistance à la rupture de 40 *kg* au maximum, et un al- » longement sur 20 *cm*, après rupture de 18 0/0 minimum.

» Les clauses qui se rapportent aux essais mécaniques et à la trempe » sont justifiées. Mais le maximum de résistance fixé à 40 *kg*, il vau- » drait mieux l'abaisser à 38 *kg* pour réaliser un métal encore *moins* » *sensible à l'écrouissage.*

» Quant au rejet des têtes de lingots dans la proportion de 30 à » 35 0/0 du poids du lingot, c'est là une mesure qui se justifie pour le » métal dur et même demi-doux, et, cela, non pas tant pour éliminer » le vide du retassement, que la *zone des liquations ;* tandis que pour le » métal extra-doux en question, elle est simplement un luxe de pré- » caution.

» En effet, un acier qui remplit *sérieusement* les conditions énoncées » pour les essais mécaniques, doit renfermer une si faible proportion

» d'éléments autres que le fer, que la liquation de ces éléments est négligeable. Dans tous les cas, comme c'est là une simple question de prix de revient, un excès de dépense dont peut se couvrir le producteur, il n'y a pas lieu d'insister autrement sur cette clause, *bonne en elle-même.*

» Mais voilà, semble-t-il, le consommateur suffisamment garanti, et il paraît superflu de réglementer encore le corroyage par l'épaisseur à donner au lingot, ainsi que la composition chimique, attendu que, pour satisfaire aux essais mécaniques et de trempe, il faut *nécessairement* que la tôle provienne d'un lingot ayant subi un minimum de corroyage et soit faite d'un métal ayant une composition chimique renfermée dans des limites bien déterminées. Il y a donc là, et dans cette circonstance particulière, presque une naïveté à inscrire de pareilles clauses dans un cahier des charges.

» Et, maintenant, bien que l'on doive approuver comme une excellente mesure d'avoir préconisé l'emploi de l'acier fondu sur tôle basique pour la tôle à chaudière, il peut paraître excessif de l'imposer à l'exclusion de tout métal extra-doux obtenu sur tôle acide.

» Le cahier des charges de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France a été rédigé vers la fin de l'année 1886. Eh bien, dès le mois de février de l'année précédente, 1885, la marine française exigeait pour tôle de foyer d'appareils à vapeur, un métal donnant aux essais de traction :

» Résistance 36 à 38 *kg* par millimètre carré,
» Allongement sur 20 *cm*, 28 à 30 0/0.

» Eh bien, ce métal peut être obtenu, et l'a été, sur sole acide avec des matières premières de tout premier choix ; et la Marine française n'a pas exigé qu'il fût fabriqué nécessairement sur sole basique. Cependant les Ingénieurs de la Marine savaient alors à quoi s'en tenir sur la valeur du métal Martin basique, puisque, dès 1882, et sur l'initiative de M. Callon, alors Ingénieur en chef dans le bassin du Rhône, une grande usine de la Loire, qui a disparu depuis, avait été appelée à fournir des tôles en acier fondu sur sole basique répondant aux conditions suivantes d'essais mécaniques :

» Résistance 38 *kg*.
» Allongement sur 20 *cm*, 25 0/0 *minimum*.

» Mais, objectera-t-on, est-ce que l'on n'obtient pas plus pratiquement l'acier extra-doux fondu sur sole basique ou neutre que sur sole acide ?

» Qu'importe, puisqu'on l'obtient également, et aussi sûrement, sur sole acide avec des matières pures d'arsenic, de phosphore et de soufre. Or, il y a des usines qui disposent naturellement ou artificiellement de ces matières premières ; on ne voit donc pas la raison sérieuse à invoquer pour leur faire, ou changer leur base de fabrication, ou bien les exclure du marché. L'aciérie d'Allevard, par exemple, produirait plus chèrement de l'acier basique qu'elle ne produit de l'acier sur sole acide avec les matériaux dont elle dispose.

» Il est parfaitement admis que pour un matériel aussi spécial que la

» tôle à chaudière, le constructeur doit exiger de très sérieuses garanties » pour qu'on lui livre un métal qui, à la mise en œuvre, comme en » service, s'altère le moins possible. Mais ces garanties, il doit les cher- » cher, et il les trouve entièrement dans les essais de trempe, dans les » essais mécaniques avant et après trempe, faits sur les lamettes déta- » chées aux deux extrémités de la tôle en recette. Qu'en outre des essais » de traction et de double pliage à bloc après trempe, il soumette encore » le métal à des épreuves de poinçonnage et de fragilité, — décrits par » M. Considère, — et à d'autres encore, il n'y a là absolument rien à » reprendre, au contraire.

» Mais, pour généraliser, quand le consommateur va plus loin, quand » il s'attribue le droit de régler des détails de fabrication, ce qui s'est » vu et se voit encore, alors il se permet une ingérence fâcheuse, illicite » même, et il sort de son rôle pour entrer le plus souvent dans celui » de Gros-Jean qui en remontre à son curé.

» Ce n'est pas en publiant les clauses d'un cahier de charges que le » consommateur peut obtenir des livraisons irréprochables du produc- » teur, dont on a trop la tendance de mettre en suspicion la probité » professionnelle, — à moins qu'on ne le soupçonne d'ignorance, ce qui » serait pire ; — mais c'est en définissant nettement, clairement, les » qualités nécessaires qu'il exige du produit qu'il demande. Les con- » naît-il toujours ? C'est douteux. Mais ce qui ne l'est pas, c'est que » toujours il veut faire payer son ignorance au producteur.

» Il est bien évident que depuis longtemps on serait arrivé à la solu- » tion pratique de l'acier pour tôle à chaudière, si l'on n'avait fait entrer » en ligne de compte que la substitution, au fer soudé, d'un acier in- » sensible, comme lui, à la trempe et à l'écrouissage à la mise en » œuvre. Mais, malheureusement, le point dominant dans la question, » a été celui de *l'économie de la matière*.

» Eh bien, jamais une tôle de 8 à 12 *mm* d'épaisseur, donnant 42 *kg* » de résistance par millimètre carré à la traction, n'a été faite d'un » acier donnant la sécurité d'un bon fer soudé au travail de la mise en » œuvre. Il va sans dire qu'il n'est pas question ici d'autre métal que » l'acier fondu carburé.

» Le véritable métal à chaudière, le métal vulgaire, est celui qui » donne 35 à 38 *kg maximum* de résistance par millimètre carré à la » traction, avec toujours plus de 30 0/0 d'allongement sur 20 *cm*.

» Un directeur des constructions navales citait naguère, à M. Pourcel, » un constructeur qui exige pour ses foyers de chaudière des tôles de » 35 *kg et non pas 36 kg* de résistance à la traction, avec 32 0/0 d'allon- » gement minimum.

» Ce métal renfermant 0,10 de C — *au plus* — et environ 0,10 à 0,15 » de *Mn*, avec des traces de phosphore, arsenic et soufre, on l'obtient » facilement en lingots sains, sans rochage, et où la zone de liquation » a perdu son importance, au moyen d'une addition de 0,10 $\frac{1}{1\,000\,m}$ au » plus d'aluminium.

» Aujourd'hui l'aluminium ne coûte plus que 6,50 *f* le kilogramme, » rendu à l'usine, et l'usage qu'on en fait depuis quatre ou cinq ans

» dans la fabrication de l'acier s'est beaucoup développé. Son emploi se
» généralisera quand on pourra l'acheter à 3 *f* le kilogramme ; ce qui
» n'est pas impossible.

» On pourra objecter à ces conclusions, qu'il est quelquefois d'une
» nécessité primordiale de diminuer le plus possible le poids mort des
» chaudières, pour les torpilleurs, par exemple.

» Il y a alors d'autres métaux fondus, offrant plus de résistance, sans
» diminution d'allongement : l'acier extra-doux chromé, par exemple,
» qui n'est pas sensible à la trempe et que le travail de la mise en
» œuvre n'écrouit pas sensiblement. C'est là simplement une question
» à rappeler pour le moment, sans s'y étendre, vu qu'elle ne touche
» qu'incidemment au sujet principal de la discussion. »

M. Périssé est absolument d'accord avec M. Pourcel ; il déclarait déjà, il y a dix ans, qu'avec 1 *kg* en moins de résistance, il faut 1 *kg* en plus d'allongement.

M. Euverte reconnait qu'on peut obtenir de l'acier à chaudières au four acide, mais qu'il est plus facile de fabriquer sur sole basique l'acier à 30 0/0 d'allongement.

M. Périssé cite l'exemple des tôles du vapeur russe « *Livadia* » dont les chaudières ont éclaté ; on a constaté que le métal qui avait été obtenu au four Siemens acide n'était pas homogène. C'est à cette considération qu'il faut attribuer l'avis de M. Cornut sur la proscription du métal sur sole acide. Il est aussi d'avis qu'il faut laisser le fabricant libre, en lui imposant seulement les conditions de résistance, d'allongement et de pliage à froid sans crique.

M. Compère dit que dans la pratique on ne se préoccupe pas d'où vient la tôle ; on s'en rapporte seulement aux essais prescrits par le cahier des charges. Il partage les idées de M. Cornut sur la nécessité d'essayer toutes les tôles afin d'être certain de l'homogénéité du métal. Il fait enfin remarquer que la clause du cahier des charges de 1886, citée par M. Pourcel, imposant au lingot quinze fois l'épaisseur de la tôle, a été supprimée dans le cahier des charges actuel de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur.

M. Gallois critique l'énormité du prix d'installation des chaudières de la raffinerie Say eu égard à la faiblesse de leur production, qui n'est que de 5 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, alors qu'elle atteint facilement 10 à 12 *kg* dans les générateurs semi-tubulaires. D'où il résulte que cette installation coûte plus de deux fois trop cher, et qu'en dehors des autres considérations qui ont pu amener la raffinerie Say à adopter ces dispositions, ce n'est pas là un exemple à suivre par les industriels.

M. Lencauchez, revenant sur la question du métal, estime que M. Cornut a bien fait d'imposer l'acier obtenu au four basique, comme offrant plus de garanties ; car seule la sole basique permet la décarburation complète, dans l'affinage, en rendant le métal ainsi obtenu insensible à la trempe, soit en faisant ainsi le métal homogène *fer fondu* extra-doux et

non de l'acier; c'est à cette cause qu'on doit attribuer les succès obtenus à cet égard depuis quinze ans par le Creusot. Il s'attache à justifier les chiffres indiqués pour la production de vapeur de la raffinerie Say et qu'on a trouvé dérisoires, vu que dans cet établissement où on a voulu obtenir du combustible, le maximum d'effet utile, avec un seul et unique appareil *(la chaudière)* recevant son eau d'alimentation en moyenne à + 60°; ce qui permettait de supprimer les réchauffeurs et les économiseurs Green, etc., qui, recevant des fumées à basse température, sont rapidement dévorés par les acides divers que transportent celles-ci. D'un autre côté, en comptant les surfaces de chauffe: 1° des économiseurs, 2° des chaudières, et 3° des surchauffeurs, on arrive à une surface totale plus grande encore, à égalité de poids de vapeur utile, qu'à la raffinerie Say. Il préconise l'emploi des chaudières à foyer intérieur comme donnant un rendement bien supérieur; il s'étonne à ce sujet que ce genre de chaudière paraisse aujourd'hui délaissé.

M. Compère répond que ces chaudières ne sont nullement délaissées. Actuellement on en fait de tous les systèmes, en donnant la préférence à celle qui répond le mieux aux besoins de l'industriel qui les emploie.

M. Gallois constate que les chaudières semi-tubulaires tendent néanmoins à se répandre en raison de leurs avantages.

M. Compère est de l'avis de M. Lencauchez au sujet des avantages du foyer intérieur, mais il fait observer que, dans ce cas, on est limité dans le choix du combustible, tandis que les foyers extérieurs permettent de brûler tous les charbons. En outre, la puissance des chaudières à foyer intérieur est limitée pratiquement à 100 m^2 de surface de chauffe, et l'industrie demande couramment aujourd'hui des chaudières de 150 m^2 et davantage.

M. Lencauchez proteste en disant que les chaudières marines qui sont à foyer intérieur atteignent 400 m^2 de surface de chauffe, et il dépose sur le bureau le dessin d'une chaudière à foyer intérieur, dont il est l'auteur, à très grande chambre de combustion, et il dit que 120 m^2 peuvent être très facilement obtenus. Il croit qu'on est dans l'erreur en employant les foyers extérieurs pour réaliser une économie, puisqu'alors on perd 15 0/0, car il ne faut pas oublier que les locomotives qui produisent à l'État belge plus de 100 *kg* de vapeur par heure et mètre carré moyen ne brûlent que des poussiers; nos chemins de fer français qui sont entrés aussi dans la voie de l'emploi des combustibles à bas prix brûlent plus de 50 0/0 de poussier et la Compagnie de l'Est français, grâce aux travaux de notre collègue M. A. Gambaro, arrive à une consommation de charbon inférieure qui dépasse 75 0/0.

M. Périssé fait observer qu'à la raffinerie Say on a réduit au minimum la perte dont parle M. Lencauchez par les dispositions adoptées dans la construction des fourneaux où il n'y a presque pas de pression. Répondant à M. Gallois, il déclare que l'exemple de la raffinerie Say, qui ne fait vaporiser que 5 *kg* par mètre carré, n'est pas à suivre, bien que cette maison y trouve à la fois sécurité et économie; mais il s'élève contre la tendance des industriels à faire trop produire à leurs chaudières; c'est entre 8 et 10 *kg* qu'il est sage de se limiter.

M. Lencauchez constate que son observation sur la déperdition de chaleur par le massif de maçonnerie s'applique surtout aux chaudières isolées et ne s'adresse pas, par suite, à celles de la raffinerie Say qui sont en batterie de 8, 12 et plus, dont les murs mitoyens, ne peuvent donner lieu à aucune déperdition.

A l'occasion de la discussion sur les générateurs de la raffinerie Say, M. le Président a reçu la lettre suivante de notre collègue M. Chuwab:

« Paris, le 5 août 1893.

» Mon cher et honoré Président,

» La discussion un peu écourtée, par l'heure avancée, sur les chaudières de la raffinerie Say, ne m'ayant pas permis de dire quelques » mots à ce sujet, permettez-moi, comptant sur votre dévouement si » éclairé au bon renom de la Société, d'essayer ici d'éclaircir un peu les » raisons dominantes des dispositions adoptées. Car, enfin, puisqu'elles » sont tout l'opposé de ce qu'on recherche dans l'industrie, il faut bien » admettre que ce n'est pas dans le seul désir de dépenser des millions » qu'elles ont été arrêtées?...

» Le type semi-tubulaire ainsi employé en dernier retour de flammes, » avec combustion lente, ne sert évidemment ici qu'à calciner dans » les tubes le carbone abondamment déposé par les fumées très refroi- » dies, et ce noir minéral, quelque peu animalisé par des acides, doit » servir de mélange à la raffinerie même. Ce qui expliquerait bien » pourquoi M. Périssé n'a pas cru devoir nous dire autre chose, que ces » dispositions spéciales n'étaient pas à imiter en industrie courante, et » pourquoi on se contente ici de la production si basse de 4 à 5 *kg* va- » peur par mètre carré de surface de chauffe, puisque le but visible ici » est de *condenser d'abondantes fumées plutôt que de les brûler*.

» Dans l'industrie, au contraire, on ne multiplie la surface de chauffe » que pour utiliser au mieux la bonne et active combustion sur les » grilles, et on produit alors deux ou trois fois plus de vapeur au mètre » carré et au kilogramme de combustible consommé.

» Alors cette énorme accumulation de générateurs ayant un tout autre » but, ce n'est pas au point de vue de la production de vapeur qu'il » eût fallu l'exposer à notre Société, très au courant de ce qu'on » peut tirer du charbon en *vapeur motrice*. Il est vrai qu'ici encore c'est » bien moins cette nature de vapeur qu'on entend obtenir, mais bien » plutôt de la vapeur très humide, le luxe de purgeurs en fait foi, » bien autrement favorable dans les appareils de sucrerie, et à ce double » point de vue les dispositions prises seraient alors à recommander; » mais gare à la corrosion active des tubes de fumées froides qui, sui- » vant M. Lencauchez, rongent si rapidement les réchauffeurs des an- » ciennes chaudières Farcot.

» Veuillez réserver un indulgent accueil à ces modestes réflexions » d'un très ancien membre de votre Société, et agréez, etc.

» Chuwab. »

M. le Président remercie les divers orateurs et déclare la discussion close.

La séance est levée à 11 heures et demie.

RECHERCHES

SUR

LES CAUSES DES ACCIDENTS

DES

CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES

PAR

M. Ch. COMPÈRE

L'an dernier, dans une communication sur les conditions de recette de tubes de chaudières multitubulaires, j'ai eu l'honneur de vous faire connaître le travail très intéressant de mon savant collègue de Bruxelles, M. Vinçotte, sur les explosions de chaudières à tubes d'eau, et je vous ai fait ressortir toute l'importance que M. Vinçotte attachait à la question de soudure des tubes.

Sa préoccupation était d'autant plus justifiée que, ainsi que je vous l'ai dit, mon collègue pense que la moitié des explosions est due au décollage des soudures défectueuses, ce décollage se produisant peu à peu au feu, comme cela a lieu pour les pailles des tôles des chaudières.

D'après les statistiques française, allemande et belge, M. Vinçotte classe, en effet, les accidents comme suit :

Déchirures de tubes.	Décollage de mauvaises soudures.	50 0/0	du nombre total des explosions de chaudières à tubes d'eau.
	Coups de feu ou corrosions. . . .	30 0/0	
Autres causes.		20 0/0	

Mais il faut remarquer que les statistiques sont malheureusement très incomplètes, surtout en les comparant d'un pays à un autre. Pour la France, les règlements forcent à déclarer même les accidents n'ayant occasionné ni morts ni blessures; et les industriels, qui ignorent plus ou moins ces prescriptions, négligent alors souvent de faire cette déclaration à l'Ingénieur des Mines, surtout pour les générateurs multitubulaires, dont les réparations, après rupture de tubes, par exemple, sont extrêmement

faciles et peuvent rester sans contrôle, et pour lesquels, d'ailleurs, le mot « accident » n'est pas très bien compris dans l'industrie.

Malgré cette insuffisance des statistiques et en vue de vérifier la classification de M. Vinçotte pour les accidents de chaudières multitubulaires, j'ai fait de nouvelles recherches dans le *Bulletin des Accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur* que le *Journal officiel* publie chaque année ; j'ai fait remonter ces recherches à l'année 1876, lors du premier accident arrivé à une chaudière multitubulaire, et je les ai continuées jusqu'en 1891.

La classification des causes de ces accidents fournit déjà des renseignements fort utiles, qu'il m'a paru intéressant de faire connaître.

Tout d'abord, le nombre des accidents est réparti comme suit d'après le système des générateurs.

TABLEAU I

Générateurs multitubulaires.

Classification des accidents d'après le système des générateurs, de 1876 à 1891.

DÉSIGNATION DES SYSTÈMES DE CHAUDIÈRES	NOMBRE D'ACCIDENTS	NOMBRE DE TUÉS	NOMBRE DE BLESSÉS
Belleville	10	6	10
De Naeyer	2	»	1
Roser	1	»	»
Collet	2	4	»
Oriolle	5	4	5
Bouron	3	2	3
Babcock et Wilcox	3	3	1
Lagosse et Bouché	2	»	1
Terme et Deharbe	3	3	2
Uhler	1	»	»
Divers	1	1	»
TOTAL	33	23	23

Les générateurs Belleville ont eu un plus grand nombre d'accidents; mais ils sont aussi de beaucoup les plus répandus.

Quant aux accidents, ils peuvent, d'après leurs effets, être classés en deux groupes bien distincts : dans le premier seraient consignées les ouvertures de tubes; dans le second, les accidents

d'autre nature, tels que les ruptures des moyens de fermeture des tubes, etc.; cette classification est relevée dans le tableau II.

Le tableau II montre que les ouvertures des tubes se sont produites, soit au coup de feu, soit à des tubes surchauffeurs, et que, en dehors de cinq cas, dont un pour lequel la cause est restée inconnue, les ruptures de tubes au coup de feu ont eu pour cause un manque d'eau, soit total par suite d'un oubli dans la conduite, soit local par suite d'obstructions provenant d'un défaut d'entretien.

Les manques d'eau provenant de défauts d'alimentation proprement dits permettent de tirer les conclusions suivantes :

Bien vérifier la marche des appareils d'alimentation, pompes, petits chevaux, injecteurs, etc.;

Ne jamais fermer en marche, autant que possible, dans les générateurs Belleville, le robinet gradué d'alimentation. (La maison Belleville étudie actuellement le moyen de mettre le robinet gradué moins à la portée du chauffeur);

Ne pas employer le même petit cheval pour alimenter à la fois un générateur multitubulaire à haute pression et un générateur à pression moindre;

Vérifier l'état du loquetage des portes de boîtes à tubes;

(Les portes du foyer doivent avoir des moyens sûrs de fermeture.)

Ne jamais ouvrir les portes de boîtes à tubes, même et surtout en cas d'accident. La maison Belleville met maintenant un verrou de sûreté horizontal sur ces portes; dans d'autres installations, elles sont cadenassées.

De plus, la maison Belleville introduit maintenant dans le montage de ses générateurs une partie faible dans la paroi du fourneau, de façon que la vapeur, si elle fait irruption brusquement dans l'intérieur de la chambre de la chaudière, trouve une issue du côté opposé à la chaufferie; cette paroi est formée par la substitution d'un feuillard à un des éléments de la voûte supérieure; cette paroi faible peut également être créée dans le registre même ou par tout autre moyen.

Les manques d'eau provenant d'obstruction donnent aussi les conclusions suivantes :

Nettoyer à fond toutes les parties des chaudières;

Vérifier le nettoyage des chaudières par des visites intérieures complètes;

TABLEAU II

Générateurs multitubulaires (*Classification des accidents d'après leurs causes*).

CAUSE DES ACCIDENTS	ANNÉE de l'accident	SYSTÈME du GÉNÉRATEUR AVARIÉ	DÉSIGNATION DE L'ACCIDENT — DÉSIGNATION du tube rompu	DÉSIGNATION DE L'ACCIDENT — DIMENSIONS de la partie rompue	NOMBRE de tués	NOMBRE de blessés
Déchirures de tubes suivant une génératrice. — 1° au coup de feu. — Manques d'eau. — 1° par défauts d'alimentation	1886	Belleville.	Le 7e à partir de la base du 3e élément. (Ouverture imprudente des portes de la boite à tubes.)	Largeur 0,38 *m*.	2	»
	1887	Belleville.	1er tube du 3e élément. (Déchirure suivant la soudure.)	Divers points rapprochés les uns des autres sur 0,18 à 0,20 *m*.	»	»
	1889	Belleville.	3e tube du 3e élément.	Long. 0,27 ; larg. 0,11	»	2
	1890	Belleville.	2e tube de la file de droite de l'élément médian.	Long. 0,54 ; larg. 0,19	2	»
	1888	Lagosse et Bouché.	(Non spécifié.) Ouverture brusque de la porte de boites à tubes dont le loquetage était en mauvais état et de la porte du foyer qui n'avait pas de moyen de fermeture.	Long. 0,56 ; larg. 0,15	»	1
Surchauffe causée très probablement par un manque d'eau, dû peut-être lui-même à un défaut de fermeture du robinet de vidange.	1891	Roser.	1er tube de gauche de la rangée inférieure.	Long. 0,40 ; larg. 0,185	»	»
Surchauffe par manque d'eau à la partie supérieure du faisceau des tubes bouilleurs, l'eau de la chaudière s'étant en partie [illegible]	1891	Babcock et Wilcox	Tube supérieur du 8e élément à partir de la gauche à 1,55 *m* de l'avant. (Déchirure suivant la [illegible]	Long. 0,30 ; larg. 0,073	»	»

Déchirures de tubes suivant une génératrice.	1° au coup de feu.	Manques d'eau	2° par obstructions diverse	Obstruction locale d'un tube par un paquet de filasse.	1889	Collet.	1er tube du 2e élément.	Long. 0,40 ; larg. 0,17	1	1
				Obstruction par l'emploi d'un désincrustant solide (pommes de terre).	1889	Uhler.	1er tube de droite. (Rupture suivant la soudure.)	Long. 0,35 ; larg. 0,096	»	»
				Obstruction par l'emploi d'un désincrustant solide (paquets de bois de campêche).	1889	Terme et Deharbe.	1er tube de droite.	Long. 0,40 ; larg. 0,086	1	»
				Obstruction partielle par le tartre du débouché de l'élément de droite dans l'épurateur. Après l'accident, le faisceau des tubes ne présente de traces de surchauffe que dans la région de droite.	1891	Belleville.	2e tube de l'élément de droite. (Les portes de façade de la boîte à tubes s'ouvrent en faussant en haut et en bas leur crémone qui était fermée, s'élèvent pardessus leurs gonds et tombent dans la chaufferie.)	Long. 0,42 ; larg. 0,09	»	1
		Cas divers.		Chaudière forcée.	1889	De Naeyer.	3e tube de la 4e rangée horizontale à partir du haut.	Long. 0,33 ; larg. 0,11	»	»
				Défaut de soudure. Point faible ayant cédé à un coup de feu aidé d'une légère incrustation extérieure.	1881		3e tube du bas sur la gauche. (Ouverture dans la partie exposée au feu et suivant la soudure.)	Longueur 0,50.	»	»
				Cause inconnue.	1889	Babcock et Wilcox	6e tube du 3e élément.	Longueur 0,54.	»	»
				Existence de fissures longitudinales qui ont pris naissance dans le tube lors de sa fabrication.	1891	Lagosse et Bouché.	Tube milieu de la rangée inférieure.	Long. 0,80 ; larg. 0,035	»	»
				Soudure présentant un défaut ; son recouvrement était irrégulier, atteignant 20 *mm* sur certains points ; il est à peu près nul en d'autres et en particulier dans deux sections voisines de l'endroit où la rupture s'est produite.	1891	Oriolle.	3e tube à partir de tribord de la rangée du bas. (Déchirure suivant la soudure. Le jet de fluides brûlants et d'escarbilles envahit la chaufferie par la porte du cendrier.)	Long. 0,35 ; larg. 0,08	1	1

TABLEAU II (*suite*).

Générateurs multitubulaires (*Classification des accidents d'après leurs causes*).

		CAUSE DES ACCIDENTS	ANNÉE de l'accident	SYSTÈME du GÉNÉRATEUR AVARIÉ	DÉSIGNATION DE L'ACCIDENT — DÉSIGNATION du tube rompu	DÉSIGNATION DE L'ACCIDENT — DIMENSIONS de la partie rompue	NOMBRE de tués	NOMBRE de blessés
Déchirures de tubes suivant une génératrice.	2° à des tubes surchauffeurs.	Corrosions extérieures déterminées par l'eau provenant de la condensation de la vapeur d'échappement dans la cheminée ; ces corrosions avaient réduit à 1 *mm* l'épaisseur du métal sur les tubes des trois rangées supérieures au-dessous de la cheminée.	1890	Belleville (type marin).	7ᵉ tube à partir de la gauche de la rangée supérieure.	Longueur 0,20. (Déchirure à contours très irréguliers suivant la génératrice supérieure.)	1	»
		Feux très poussés.	1884	De Naeyer.	Tube surchauffeur.	Longueur 0,625.	»	1
		Épaisseur du tube réduite à celle d'une feuille de papier.	1878	Oriolle.	4ᵉ tube de la 2ᵉ rangée supérieure.	Deux déchirures : l'une de 0,10, l'autre de 0,05 à 0,06.	2	»
		Épaisseur réduite de plus des trois quarts.	1886	Oriolle.	Tube de la 4ᵉ rangée supérieure.	Longueur 0,21.	1	1
		Épaisseur très réduite.	1887	Oriolle.	Tube central de la 3ᵉ rangée supérieure.	»	»	2
		Amincissement extrême du tube, produit par des corrosions intérieures profondes, lesquelles paraissent avoir été elles-mêmes déterminées par les alternatives fréquentes de chauffe et de vidange de l'appareil. Un	1891	Oriolle (construite en avril 1890)	2ᵉ tube à partir de la gauche de la 6ᵉ rangée à partir du bas.	Longueur 0,25, à 0,10 de l'avant.	»	1

			le local de la chaudière. Fissure transversale dans le boulon rompu.		
Projections des bouchons des tubes.	1881	Belleville.	Rupture de la branche transversale du T du boulon arrière d'un tube. Fissure ancienne.	»	2
	1887	Bouron.	Fuite à un tube de la rangée inférieure; serrage en marche par l'arrière. Rupture d'un tube tirant à l'arrière au droit des deux derniers trous de communication et projection du tube et de son bouchon.	1	1
	1887	Bouron.	Rupture d'un tube tirant dans le filetage.	»	1
	1890	Bouron.	Rupture d'un tube tirant de la rangée inférieure à l'avant au droit de deux trous antérieurs de circulation; le tube extérieur s'est alors déboîté. L'eau et la vapeur ont envahi la chaufferie, la tôle du cendrier s'étant rabattue.	1	1
	1890	Collet.	Fuite à un tube; serrage en marche. Rupture du boulon d'un tube dans sa partie filetée, projection du bouchon en avant en mauvais état.	3	»
	1890	Terme et Deharbe.	Fuite d'eau au tampon d'un tube inférieur; serrage en marche; rupture du boulon à ancre; légère projection du tampon.	»	2
	189)	Terme et Deharbe.	Arrachement de l'oreille d'un tube sous l'action de l'une des branches de l'ancre du boulon de serrage; projection du tampon.	2	»
Mauvais montage	1890	Babcock et Wilcox	Vice de construction et défaut de montage.	3	»

Supprimer d'une façon absolue l'emploi de tout désincrustant solide et volumineux.

Après les obstructions survenues à ses générateurs, la maison Belleville a supprimé les ajutages en saillie placés à l'intérieur des communications des éléments avec le collecteur, ajutages qui diminuaient trop la section de ces communications et en facilitaient l'obstruction rapide.

De même, elle a placé des rehausses dans les communications des éléments avec l'épurateur, pour éviter la chute du tartre à l'intérieur de ces communications.

Quant aux ruptures de tubes surchauffeurs, dans un cas pour une chaudière de Naeyer et dans quatre cas pour des chaudières Oriolle, elles sont dues à ce que le faisceau tubulaire de ces chaudières n'était pas noyé complètement; en effet, dans ces chaudières, les tubes supérieurs, qui ne contiennent que de la vapeur, ne sont pas rafraîchis par une circulation active, comme cela a lieu dans la chaudière Belleville, la seule dont l'élément forme serpentin et dans laquelle une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager, tandis que, dans les chaudières de Naeyer et Oriolle, les tubes fonctionnent indépendamment les uns des autres comme autant de générateurs distincts.

Ces cinq ruptures de tubes surchauffeurs montrent donc la nécessité, dans les chaudières multitubulaires autres que les générateurs Belleville, de reporter le niveau de l'eau dans les corps supérieurs.

Enfin, la déchirure dans un générateur Belleville, type marin, d'un tube supérieur corrodé par la retombée de l'eau provenant de la condensation de la vapeur d'échappement, est absolument indépendante du type de chaudière; il aurait fallu protéger les tubes supérieurs contre les corrosions par une tôle ou autre moyen.

Ces diverses usures de tubes surchauffeurs auraient d'ailleurs été suivies par des visites intérieures régulières.

La seconde série d'accidents, c'est-à-dire ceux provenant de la projection des bouchons de tubes, fournit les conclusions suivantes :

Ne jamais serrer en marche les joints des bouchons de tubes en cas de fuites.

L'accident très spécial arrivé à un générateur Babcock et Wil-

cox, lors de sa mise en feu après l'épreuve, montre la nécessité d'une construction bien étudiée et d'un montage bien soigné.

Le tableau II peut se résumer ainsi :

Classification des accidents arrivés aux chaudières multitubulaires

				Nombre de accidents	Nombre de tués	Nombre de blessés
Déchirures de tubes	Au coup de feu	Manque d'eau.	Par défaut d'alimentation . . .	7	4	3
			Par obstruction .	6	2	2
		Cas divers.		5	2	2
	à des tubes surchauffeurs	Chaudières à niveau d'eau dans le faisceau tubulaire		5	3	5
		Corrosions extérieures		1	1	»
Projection de tubes, dont quatre cas de serrage en marche				8	8	11
Mauvais montage de chaudière				1	3	»
				33	23	23

Sur ces 33 accidents, le décollage de soudure n'a été relevé que dans cinq cas, et encore, sur ces cinq cas, y en a-t-il trois qui ont pour cause première le manque d'eau ; la proportion de décollages de soudures est donc, d'après les statistiques françaises, beaucoup plus faible que celle relevée par M. Vinçotte.

En adoptant la classification de M. Vinçotte pour les accidents de générateurs multitubulaires, nous trouvons en effet les chiffres suivants :

Déchirures de tubes . .	Décollages de soudures.	15 0/0 au lieu de 50
	Coups de feu ou corrosions.	58 0/0 au lieu de 30
Autres causes		27 0/0 au lieu de 20

Incidemment dans trois de ces cinq cas, les soudures ont été relevées comme étant tournées du côté du feu, ce qui est évidemment une mauvaise condition de montage ; il faudrait toujours monter les tubes de façon que leur soudure, si elle est visible, soit à la partie supérieure.

Quelle qu'en soit la répartition, les recherches que nous avons faites sur les causes d'accidents des chaudières multitubulaires montrent que, si les conclusions précédentes étaient bien répandues dans le public industriel, elles permettraient à l'avenir d'éviter tous les accidents autres que le manque d'eau par défaut d'alimentation et obstruction, et encore ceux-ci qui existent dans la proportion de 40 0/0 seraient-ils bien diminués par une meilleure conduite et un meilleur entretien des appareils.

La proportion d'accidents, parmi les chaudières multitubulaires actuellement en activité, qui est, d'après les statistiques, de deux à trois fois plus grande qu'avec les autres chaudières, se trouverait

donc ainsi diminuée jusqu'à lui être égale, et elle pourrait certainement lui devenir inférieure.

La statistique des accidents fournit également d'autres conclusions fort utiles en ce qui concerne les milieux industriels où ils se sont produits.

Dans ce but, j'ai groupé les accidents suivant qu'ils sont survenus : 1° dans les bateaux; 2° dans les usines proprement dites; 3° dans les exploitations spéciales d'appareils électriques ou autres *(tableau III)*.

Cette classification d'accidents donne les conclusions suivantes:

1° Les accidents dans les bateaux ont entraîné proportionnellement plus de victimes ; ce qui s'explique facilement par ce fait que le chauffeur enfermé dans une chaufferie étroite ne peut pas se dégager facilement.

2° Sur 23 accidents arrivés à terre, la fraction la plus importante, soit les deux tiers, a eu lieu dans les usines proprement dites, et presque dans toutes ces usines, le générateur multitubulaire avait été monté concurremment à d'autres chaudières de systèmes anciens, à bouilleurs ou autres.

Le personnel de ces usines était pourtant familiarisé avec l'emploi des appareils à vapeur, mais il ne l'était pas avec la conduite toute spéciale que réclamaient les générateurs multitubulaires qu'il a dès lors traités comme des générateurs ordinaires: de là, la plus forte proportion d'accidents.

3° Quant à l'autre tiers d'accidents, il s'est produit dans des exploitations d'éclairage électrique, c'est-à-dire dans des milieux où la chaudière multitubulaire est plus particulièrement indiquée ; dans deux cas il ne s'agissait pas d'une exploitation industrielle proprement dite, et le personnel pouvait alors être moins guidé et surveillé ; mais dans les autres cas, exploitations électriques par des secteurs, des accidents se sont produits même avec un personnel technique très au courant des questions de chaudières et de machines.

Ces nouvelles conclusions montrent la nécessité de contrôler la capacité du chauffeur et d'exercer une grande surveillance dans le service.

En résumé, les remarques que j'ai tirées des statistiques officielles et que j'ai présentées dans cette étude, viennent bien justifier la conclusion à laquelle était arrivé M. Vinçotte : les chaudières à tubes d'eau ont introduit de nouvelles causes de danger,

TABLEAU

Générateurs multitubulaires. — *Classification des accidents d'après les milieux industriels.*

Années	Bateaux – Désignations	Bateaux – Système du générateur	Bateaux – Tués	Bateaux – Blessés	Usines – Désignations	Usines – Système du générateur	Usines – Tués	Usines – Blessés	Éclairage électrique ou autres – Désignations	Éclairage électrique ou autres – Système du générateur	Éclairage électrique ou autres – Tués	Éclairage électrique ou autres – Blessés
1876					Fabrique de bijoux à Sens (Yonne)	Belleville	1	4				
1878	Bateau (Belle-Isle)	Oriolle	2	»								
1881					Mines de Bessèges (Gard)	Belleville	»	2				
1881					Papeterie à la Haye-Descartes (Indre-et-Loire)	?	1	»				
1883					Raffinerie à Paris	Belleville	»	1				
1884									Eclairage électrique de théâtre à Paris	De Naeyer	»	1
1886	Bateau (Thouaré)	Oriolle	1	1					Hôtel à Paris	Belleville	2	»
1887	Bateau (Rouen)	Bouron	1	1	Imprimerie à Paris	Belleville	»	»				
1887	Bateau (Rouen)	Bouron	»	1	Imprimerie à Paris	Belleville	»	»				
1887	Bateau (Havre)	Oriolle	»	2								
1888									Station électrique à Paris	Lagosse et Bouché	»	1
1889					Fabrique de produits alimentaires à Paris	Collet	1	»				
1889					Fabrique de couleurs à Issy (Seine)	Uhler	»	»				
1889					Imprimerie à Tours	Belleville	»	2				
1889					Broyage à façon à Clichy (Seine)	Terme-Debarbe	1	»	Tramway à Lyon	Babcock et Wilcox	»	1
1889									Station électrique à Rouen	De Naeyer	»	»
1890	Bateau (Toulon)	Terme et Debarbe	2	»	Bonneterie à Troyes	Collet	3	»	Station électrique à Paris	Belleville	2	»
1890	Bateau (Toulon)	Terme et Debarbe	»	2	Filature (Vosges)	Babcock et Wilcox	3	»				
1890	Bateau (Chantenay)	Bouron	1	1								
1890	Bateau (Marseille	Belleville	1	»								
1891	Bateau remorq^{r} (Chantenay)	Oriolle	1	1								
1891					Tissages de laines à Réthel (Ardennes)	Lagosse et Bouché	»	»				
1891					Fabrique de tissus à Roubaix (Nord)	Babcock et Wilcox	»	»				
1891					Usine d'élévation d'eau à Hennebont (Morbihan)	Oriolle	»	1				
1891									Section électrique, Seine	Rouser	»	»
1891									Section électrique, Paris	Belleville	»	1
	Total	10 accidents	9	9		15 accidents	10	10		8 accidents	4	4

mais les nombreux accidents des dernières années viennent surtout de ce que l'on ignorait les règles à suivre pour la construction et la conduite d'appareils aussi nouveaux, et il n'y a pas de doute qu'on ne puisse, à l'avenir, en éviter la plus grande partie.

En outre des statistiques officielles, il serait utile que les défauts des chaudières multitubulaires fussent relevés et classés, comme les Associations l'ont fait peu à peu pour les défauts des chaudières ordinaires.

Comme défauts, il faut relever même ceux qui n'auraient pas été dangereux, et n'auraient pas entraîné de réparation, car il faut remarquer qu'une même cause peut entraîner accident ou non; que l'accident est mortel en lui-même et que c'est souvent une simple question de hasard qui fait que l'accident a eu ou non pour conséquence des morts et des blessés.

C'est dans ce but que, dans le tableau des défauts rencontrés au cours des visites intérieures qui est publié chaque année dans le bulletin de notre Association parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur, j'ai, pour l'exercice 1892, introduit la classification suivante pour les défauts que nous avons constatés au cours de nos visites intérieures aux générateurs multitubulaires.

TABLEAU IV

ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

TABLEAU des défauts rencontrés dans les visites intérieures de Chaudières multitubulaires (exercice 1892).

1° Défauts communs aux divers systèmes de chaudières.

	Belleville (176 visites)	Babcock et Wilcox (39 visites)	Roser (20 visites)	Collet (15 visites)	De Naeyer (7 visites)	Oriolle (5 visites)
Tubes entartrés d'au moins 3 *mm*	8	8	1	1	1	2
Tubes cintrés d'au moins 5 *mm*	28	4	2	4	»	»
Tubes redressés	6	»	»	»	»	»
Soufflures, bosses aux tubes	4	6	»	1	»	»
Soudures décollées	2	»	»	»	1	»
Tubes remplacés	6	9	1	3	»	»
Fuites à l'emmanchement des tubes	»	»	1	1	1	»
Fuites aux corps supérieurs	2	10	»	1	1	2
Tubes corrodés intérieurement	»	»	»	»	»	»
— — extérieurement	»	»	»	»	»	»

2° Défauts spéciaux à chaque système de chaudière.

BELLEVILLE (176 visites) :

Communications avec le collecteur alimentaire, entartrées d'au moins 3 *mm* . . .	5
Communications avec l'épurateur, entartrées d'au moins 3 *mm*	17
Fuites aux joints des éléments avec le collecteur alimentaire	3
Fuites aux joints des éléments avec l'épurateur	
Chevilles fusibles remplacées	17

BABCOCK et WILCOX (39 visites) :

Tubes de communication des éléments avec les corps supérieurs arrière, entartrés d'au moins 3 *mm*	7
Tubes de communication des éléments avec les corps supérieurs avant, remplacés.	2
Tubes de communication des éléments avec les corps supérieurs arrière, remplacés.	3
Fuites à ces tubes de communication à l'avant	2
Fuites à ces tubes de communication à l'arrière	5

COLLET (15 visites) :

Bagues bi-côniques avant remplacées	1
Fuites aux joints des éléments avec le collecteur supérieur	2

DE NAEYER (7 visites) :

Bagues bi-côniques fendues	1
Bagues bi-côniques corrodées par fuites	2

ORIOLLE (5 visites) :

Fuites aux joints du tuyau de communication entre la lame d'eau arrière et le corps supérieur	4

Ces défauts sont classés :

En défauts communs aux divers systèmes de chaudières et en défauts spéciaux à chaque système.

Cette classification permettra à l'avenir de mieux guider les inspections à faire à ces chaudières, inspections qui sont encore plus nécessaires qu'aux autres chaudières.

Parmi les défauts que nous avons cités, le cas suivant de décollage de soudure mérite une attention toute particulière :

Une chaudière de Naeyer venait de subir l'épreuve décennale ; nous avons alors demandé qu'en vue de la visite réglementaire après épreuve, les tubes, qui contenaient 4 à 5 *mm* de tartre, fussent nettoyés.

Mais les grattoirs expansibles, ordinairement employés, n'enlevant pas suffisamment le tartre, les tubes ont été démontés par paires et fortement martelés. Sous ce martelage, des soudures se sont décollées. Les tubes ont alors été tous essayés individuellement (par paire dans une même boîte) à la pression hydraulique. Des fuites se sont révélées à la pression de 10 *kg* environ à la soudure dans douze paires de tubes; un des tubes s'est fendu également sur 50 *cm* de long, en plein métal, en dehors de la soudure.

Il est à remarquer, dans le cas actuel, que la réussite de l'épreuve aurait pu inspirer toute sécurité dans l'emploi de la chaudière, alors qu'un simple martelage en vue d'un nettoyage a presque mis la chaudière hors de service en révélant la mauvaise qualité des tubes employés.

Cette étude sur les causes des accidents des chaudières multitubulaires m'amène aussi à rechercher si la préoccupation des constructeurs à en diminuer le prix de revient, en dehors de toute question de qualité de métal employé, n'aura pas d'inconvénient au point de vue de la sécurité ; il est à remarquer, en effet, que, d'après leurs proportions seulement, on peut diminuer le prix de revient du mètre carré de surface de chauffe des générateurs multitubulaires en adoptant des tubes longs.

De même, à égalité de dimensions de tubes, diamètre et longueur, les tubes plus minces rendent également les chaudières moins lourdes et moins chères.

Tout d'abord, d'une manière générale, avec des tubes minces, la surchauffe est plus facile.

Quant aux tubes longs, leur adoption diminue la circulation et, par suite, l'utilisation ; le défaut de circulation peut laisser se former plus facilement l'obstruction par des poches de vapeur ou par des incrustations, et faciliter ainsi la surchauffe des tubes.

Le compte rendu d'une visite que nous avons faite à une chaudière ayant déjà servi et dont un industriel désirait se rendre acquéreur est très instructif sous ce point de vue.

Cette chaudière devait être remise en route après chômage ; elle a été alors éprouvée par le service des Mines avec entière satisfaction, bien qu'elle n'ait pas été nettoyée.

Aussitôt la chaudière remise en pression, une fuite s'est produite à la partie antérieure d'un tube inférieur ; cette fuite provenait d'une fente sur une bosse ; le tube était, de plus, recouvert d'une forte couche de tartre de 5 *mm* ; l'élément avarié, ainsi que cinq autres très fortement cintrés et entartrés, furent remplacés.

Après remplacement de ces tubes, la chaudière fut remise en route ; mais aussitôt après, de nouvelles fuites se sont produites, également à l'avant, aux tubes inférieurs non remplacés.

Ces tubes furent alors démontés ; ils étaient également fort entartrés et enfléchis de 8 *mm* vers la partie supérieure : les fuites provenaient, non de fentes, comme pour l'avarie précédente, mais d'un desserrage des tubes dans leurs boîtes.

Nous avons alors demandé le démontage de toutes les boîtes de jonction des divers éléments, à l'avant et à l'arrière, pour vérifier l'état des tubes et des diverses parties de la chaudière, et nous avons constaté les avaries suivantes :

Les tubes des deuxièmes éléments inférieurs contenaient du tartre de 5 *mm* dans toute leur longueur, et des écailles de tartre étaient réunies en tas assez importants dans leurs parties arrière; les tubes des autres éléments étaient également fortement entartrés et de même presque complètement obstrués à l'arrière.

Ces tubes étaient cintrés vers le milieu de leur longueur; la courbure, dirigée vers la partie supérieure, avait une flèche de 6 à 8 *cm*.

Ces déformations produisaient des tractions auxquelles on doit alors attribuer les fuites qui se sont produites aux emmanchements sur les boîtes avant, fuites que nous avons constatées également sur d'autres tubes; ces déformations doivent être attribuées elles-mêmes à ce que les tubes, surtout les inférieurs, s'engorgeaient de vapeur, ce qui est dû à leur faible diamètre (60 *mm*), à leur grande longueur (4,20 *m*) et aussi à la faible section des boîtes de communication, section qui ne permet ni le dégagement suffisamment rapide de la vapeur formée dans les tubes bouilleurs, ni une circulation assez grande pour l'entraînement des incrustations qui se rassemblent alors à l'arrière.

Les colonnes descendantes, réunissant le corps supérieur au déjecteur, étaient également fort entartrées, surtout dans les coudes supérieurs presque complètement obstrués.

En présence d'un tel état, la chaudière n'a pas été remise en service.

Des constatations de même nature ont été faites à la chaudière voisine de même système; mais les avaries étaient moins importantes, le diamètre des tubes étant plus grand, 110 *mm*. Dans cette chaudière, les prises d'eau des tubes du niveau étaient presque complètement bouchées.

Il est à noter que, dans cet exemple, non seulement les tubes étaient longs, mais qu'ils étaient de très petit diamètre, 6 *mm*; cet exemple montre donc que les inconvénients de tubes trop longs sont d'autant plus grands que leur diamètre est plus petit. En d'autres termes, il y a une bonne proportion à rechercher entre la longueur et le diamètre des tubes.

Cette remarque est importante pour les cas où, faute de place, les constructeurs sont amenés à adopter des tubes de petit diamètre pour arriver aux surfaces de chauffe voulues.

A un autre point de vue, l'adoption de tubes longs permet d'arriver à de grandes surfaces de chauffe par unité de chaudière; mais, comme pour les chaudières non multitubulaires, cette tendance à augmenter la surface de chauffe par appareil sera limitée dans l'avenir par le manque de proportion auquel on arrivera forcément entre les surfaces de grille et de chauffe ; il en résultera peu à peu des feux trop poussés et des tubes ou tôles de coup de feu trop fatigués.

Enfin, en raison des longueurs de grille de 2 *m*, longueur qu'on ne peut guère dépasser pratiquement, les tubes longs comportent forcément un chauffage direct à leur partie antérieure et un chauffage en retour à leur partie arrière: de là, des dilatations inégales sur la longueur des tubes et une circulation moins précise.

D'ailleurs, avec les tubes longs, chauffés ainsi en parcours différents, les constructeurs font reposer souvent les chaudières par les tubes inférieurs sur l'autel; il en résulte que ces tubes inférieurs sont, au droit de l'autel, trop fortement chauffés.

En outre des questions de meilleures proportions à adopter pour les chaudières multitubulaires, en vue d'obtenir la plus grande sécurité possible et bien que, recherches faites dans les accidents survenus en France, la proportion de décollage de soudures soit moins forte que celle accusée par M. Vinçotte, la bonne fabrication de tubes est aussi un des éléments importants de la sécurité; c'est dans ce but que je crois utile de terminer cette note en vous présentant le nouveau cahier des charges de la Marine pour les fournitures de tubes en acier, en date du 30 mai 1892, lequel a remplacé celui du 2 juin 1890.

Paris, le 30 mai 1892.

Nouvelles conditions techniques adoptées pour les fournitures de tubes en acier pour chaudières.

Les tubes seront parfaitement droits, bien calibrés à l'intérieur et à l'extérieur, exempts de pailles, crevasses, gerçures et autres défauts nuisibles à l'emploi.

Les bouts seront coupés nettement et d'équerre.

Les surfaces extérieures et intérieures des tubes devront être parfaitement lisses.

L'épaisseur du métal en un point quelconque du tube ne

pourra varier que de 1/10 en plus ou en moins par rapport à l'épaisseur de la commande.

Il sera accordé une tolérance :

Sur la longueur de 3 *mm* en plus seulement ;

Sur le diamètre extérieur, de un quart de millimètre en moins seulement.

Sur l'épaisseur moyenne, de 1/20 en plus ou en moins.

L'épaisseur moyenne sera mesurée par des pesées en prenant 7,8 pour chiffre de la densité du métal.

Le métal servant à la fabrication des tubes proviendra exclusivement de lingots d'acier obtenus dans les fours genre Martin-Siemens à sole acide ou basique indifféremment.

Les duplicata des commandes des lingots ou des plats destinés à la confection des tubes, seront communiqués au service de la surveillance, qui pourra en suivre la fabrication dans les usines qui en seront chargées.

Il pourra être fait, si l'Ingénieur chargé de la recette des tubes le juge convenable, des essais de traction sur les plats destinés à la confection des tubes. Les barrettes, qui auront 200 *mm* de longueur, devront donner 35 à 42 *kg* de résistance moyenne à la rupture et un allongement minimum de 22 0/0. Il sera procédé à des essais de traction sur des barrettes prises dans les tubes. Ces barrettes seront obtenues en sciant les tubes en deux sur une longueur suffisante, et en aplatissant à chaud les deux moitiés de tube ; après quoi, elles seront découpées suivant les dimensions prévues par la circulaire ministérielle du 9 février 1885.

Les barrettes d'essai soumises à l'épreuve de traction devront donner pour la résistance moyenne minimum et pour l'allongement final les chiffres suivants :

	Résistance moyenne —	Allongement moyen minimum —
Tubes de 3 *mm* d'épaisseur et au-dessous	35 à 42	16 0/0
Tubes de plus de 3 *mm* d'épaisseur	35 à 42	18 0/0

Aucune barrette reconnue saine ne devra rompre sous une charge égale à 8/10 de la résistance moyenne minima exigée, ni donner un allongement inférieur au 8/10 de l'allongement moyen minimum exigé.

Les tubes seront, en outre, soumis aux épreuves suivantes :

1° On mandrinera à froid, mais après recuit, l'extrémité d'un ou plusieurs bouts de tubes sur une longueur de 50 *mm* de manière à obtenir un accroissement de diamètre de 8 0/0 pour les tubes ayant une épaisseur égale ou inférieure à 3 *mm* et de 5 0/0 pour les tubes ayant plus de 3 *mm* d'épaisseur ;

2° On rabattra, après recuit préférable de l'extrémité du tube, une pince à collerette faisant un angle droit avec la génératrice du tube et qui fera saillie de 12 0/0 du diamètre pour les tubes de 3 *mm* d'épaisseur et au-dessous et de 8 0/0 du diamètre pour les tubes ayant plus de 3 *mm* d'épaisseur.

Dans ces épreuves, il ne devra se manifester ni paille, ni dédoublement, ni fente, ni gerçure ;

3° Un bout de 0,10 *m* coupé à l'extrémité d'un des tubes sera recuit, puis scié suivant une génératrice et retourné à froid, de manière à former un bout de tube dont la surface inférieure soit la surface extérieure primitive et cette opération ne devra révéler ni fente, ni gerçure ;

4° Un bout de tube de 0,10 *m* de longueur devra pouvoir s'écraser à froid sous le pilon sans présenter ni criqure, ni gerçure.

Toutes ces épreuves seront exécutées sur un tube par lot de 100 ou parties de 100 tubes présentés en recette. Si, pour un ou plusieurs lots, les épreuves ne donnent pas les résultats voulus, il pourra être procédé à une contre-épreuve sur un nombre d'échantillons double, et si ceux-ci ne répondent pas aux prescriptions du cahier des charges, le lot dont ils proviennent sera rebuté ;

5° Tous les tubes devront être attentivement examinés pour rechercher sur leurs faces extérieures et intérieures les apparences de piqûres ou les traces d'oxyde ou de scories pouvant donner naissance à des piqûres.

Ces défauts seront un motif de rebut ;

6° Les tubes seront tous soumis à une pression intérieure de 50 *kg* à la presse hydraulique. Cette pression sera maintenue pendant une demi-minute et pendant ce temps le tube sera martelé dans toute sa longueur avec un marteau de 0,600 *kg*.

Les tubes ne devront présenter pendant cette épreuve ni suintement, ni déformation permanente.

Pour les tubes soudés, on vérifiera la résistance effective de la soudure de la manière suivante :

Chaque tube fabriqué sera recuit, puis on passera à l'intérieur

et à froid un boulet en acier trempé qui augmentera le diamètre de 1/40. La soudure devra résister sur toute sa longueur pendant cette opération. Toute apparence de crique ou dédoublure sera une cause de rebut.

Après le passage du boulet, les tubes ayant donné de bons résultats seront marqués d'un poinçon provisoire pour être certain que cette opération a été exécutée.

On s'assurera de la largeur du recouvrement au moyen de l'essai à l'acide pratiqué sur les tranches des tubes à leurs extrémités. Chaque recouvrement devra être au moins égal à deux fois l'épaisseur du tube.

Après ces vérifications, les tubes seront décapés avec soin, visités et soumis à un étirage à froid pour les ramener à leur diamètre.

Après cet étirage, il sera procédé à la réception définitive.

Pour les tubes soudés, le martelage effectué pendant l'essai à la pression hydraulique sera fait suivant la génératrice de soudure.

Les surfaces extérieures et intérieures des tubes soudés devront être lisses et analogues à celles des tubes sans soudure.

Les tubes rebutés pourront être marqués d'un signe de rebut.

Signé : J. Cavaignac.

Tout d'abord, un point capital se dégage de la lecture de ce cahier des charges : ce sont des prescriptions nouvelles pour les tubes soudés seulement; il semble qu'il faille en conclure que les tubes soudés n'inspirent qu'une médiocre confiance à la Marine dont la préférence serait alors pour les tubes sans soudure qu'elle essaye d'ailleurs en ce moment sur diverses chaudières de la flotte.

Industriellement, la question est moins tranchée, en raison du prix beaucoup plus élevé auquel reviennent actuellement les tubes sans soudure.

Au point de vue technique, les usines ont fait des essais de traction qui ont montré que pour les tubes sans soudure l'étirage que la fabrication leur fait subir écrouit fortement le métal; et pourtant ces tubes, d'après le cahier des charges de la Marine, doivent répondre aux mêmes résistance et allongement que ceux qui sont soudés.

Nous avons, d'ailleurs, fait des essais de traction pour nous rendre compte de la résistance effective des soudures.

Nous avons prélevé des éprouvettes parallèlement aux génératrices : 1° dans le corps des tubes, du côté opposé à la soudure;

2° suivant la soudure, et nous en avons prélevé également suivant le travers des tubes, mais de façon que la soudure soit au milieu de l'éprouvette.

Les éprouvettes en long ont été aplaties à chaud, puis refroidies; les unes ont été recuites, les autres pas; l'allongement est rapporté à 200 *mm* entre repères.

Les épouvettes en travers ont été redressées à chaud, puis refroidies; les unes ont été également recuites, les autres pas; pour ces éprouvettes, la longueur entre repères n'a pu être que 100 *mm*; l'allongement est donc rapporté à 100 *mm*.

Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau ci-après (tableau V.)

TABLEAU V

Tubes de fabrication courante.

DÉSIGNATIONS	ÉPROUVETTES	RÉSISTANCE en kilog. p^r millimètre carré	ALLONGEMENT 0/0	OBSERVATIONS
Éprouvettes prélevées suivant la longueur des tubes :		kg		
Côté opposé à la soudure. .	recuites	37,7	26	
id.	id.	35,3	21	
id.	non recuites	36,7	21	
id.	id.	36,7	9	Striction en dehors des repères.
id.	id.	34,8	19	
Côté de la soudure	recuites	36,5	28,5	
id.	id.	37,2	22,5	La soudure a commencé à se décoller.
id.	non recuites	36,3	22	
id.	id.	36,9	21,5	
id.	id.	35,3	25	Soudure légèrement décollée.
Eprouvettes prélevées suivant le travers de tubes :				
Avec soudure au milieu. .	recuites	36,4	23	Cassure dans la soudure sans décollage.
id.	id.	34	15	Cassure dans la soudure avec décollage.
id.	non recuites	37,6	10	Cassure dans le milieu de la soudure sans décollage; la soudure présentait à une extrémité un commencement de décollage avant l'essai.
id.	id.	38,6	8	Soudure commençant à se décoller avant l'essai.
id.	id.	35,4	21	Cassure en dehors de la soudure.

L'examen de ces résultats montre que pour les éprouvettes en long, la résistance et l'allongement restent les mêmes, qu'elles soient prélevées suivant la soudure ou du côté opposé, et que

pour les éprouvettes en travers, la résistance est restée la même et, quand la soudure était bien faite, l'allongement aussi; pour ces éprouvettes en travers, quand la soudure était parfaite, la cassure a eu lieu en dehors d'elle.

Ces essais permettent donc de conclure qu'une soudure bien faite donne toute sécurité et que sa résistance est celle du métal lui-même.

Ces réserves faites sur la comparaison entre les tubes soudés et ceux sans soudure, le cahier des charges de la Marine comporte, en dehors de la pression d'épreuve hydraulique de chaque tube qui est portée de 30 à 50 *kg*, les nouvelles prescriptions suivantes pour les tubes soudés :

1° L'examen des tubes sous pression doit être accompagné de leur martelage, ce qui n'était pas stipulé auparavant;

2° La lecture de la largeur du recouvrement de la soudure aux extrémités au moyen de l'acide est imposée alors qu'elle ne l'était pas; seulement au lieu d'exiger un recouvrement uniforme de 20 *mm* comme M. Vinçotte, la Marine prescrit qu'il devra être au moins égal à deux fois l'épaisseur du tube. Cette prescription conduit à admettre de faibles recouvrements contrairement aux exigences de M. Vinçotte; il faut d'ailleurs reconnaître que ce recouvrement ne peut être uniforme pour tous les tubes; il devrait varier non seulement suivant l'épaisseur, mais aussi suivant le diamètre. La Marine, en se contentant de deux fois l'épaisseur du tube, admet un recouvrement très faible qui ne serait que de 6 *mm* par exemple, pour des tubes de 3 *mm*, comme c'est le cas dans certains types de chaudières.

Un trop long recouvrement, comme celui prescrit par M. Vinçotte pourrait, d'autre part, donner surtout pour des tubes minces et de petit diamètre, une soudure qui ne serait plus homogène sur toute sa surface et qui pourrait peut-être se décoller plus facilement.

Il nous semble qu'une règle qui pourrait être admise serait d'imposer une largeur de recouvrement de 15 0/0 du diamètre avec minimum de deux fois l'épaisseur du tube;

3° Enfin, la nouvelle méthode de vérification de la soudure sur toute la longueur du tube par le passage d'un boulet doit lever les craintes que laissait à M. Vinçotte la lecture du recouvrement de la soudure aux extrémités seulement.

Cette dernière méthode d'essai est donc extrêmement intéressante à faire connaître et à étudier.

Toutefois, comme elle est très récente, il y a lieu d'en attendre les résultats, quoiqu'en principe elle doive donner toute sécurité sur la soudure des tubes et sur la qualité du métal employé à la fabrication.

Un essai analogue, mais beaucoup moins brutal, est déjà fait couramment par la maison Belleville, comme je l'ai dit l'an dernier, mais aux extrémités des tubes seulement ; cet essai est fait sur tous les tubes, sans exception, que la maison Belleville met en œuvre ; il consiste à enfoncer à chaque extrémité, en trois ou quatre coups de marteau à devant, un mandrin qui augmente le diamètre ; à cet essai tout tube présentant la plus légère crique à son extrémité dans la soudure ou en autre point est rebuté ; mais le mandrin n'augmente le diamètre que de 1/2 millimètre environ.

Les tubes sont ensuite recuits et ramenés à chaud à leur diamètre primitif.

Quant aux tubes destinés à la Marine, pour les ramener à leur diamètre primitif, le décapage et l'étirage à froid nouvellement prescrits se font en trois ou quatre fois pour ramener doucement les molécules à leur position initiale et détruire peu à peu l'effort très brutal que leur a fait subir le passage au boulet; après ces étirages, les tubes sont brillants et parfaitement lisses.

Il est incontestable que, d'une part, les rebuts plus nombreux qu'entraînent cet essai au boulet et l'étirage fait ensuite à froid et que, d'autre part, la main-d'œuvre qu'exige cette méthode d'essais, augmenteront le prix des tubes et par suite celui des chaudières; néanmoins ce prix des tubes restera bien inférieur à celui des tubes sans soudure.

Quelque garantie que présente cette nouvelle méthode d'essai, elle est évidemment très barbare et elle demande à être bien étudiée avant d'en adopter l'application.

D'ailleurs, pour diminuer la plus-value que ferait subir au prix des tubes cet essai de recette tel qu'il est prescrit par la Marine, j'ai recherché s'il ne serait pas possible de le simplifier en ne faisant qu'à chaud et en une seule chaude, l'étirage nécessité par le passage au boulet pour ramener le tube à son diamètre initial.

Des tubes préparés spécialement en vue de cet essai, renflés avec un boulet de 1/30 du diamètre au lieu de 1/40, ont donné, ainsi essayés, après étirage à chaud, les résultats suivants aux

essais de traction ; ces tubes avaient 90 *mm*. de diamètre et 4 *mm* d'épaisseur.

TABLEAU VI

Tubes passés au boulet et étirés à chaud.

ÉPROUVETTES PRÉLEVÉES LONGITUDINALEMENT		RÉSISTANCE EN KILOG. p^r millimètre carré	ALLONGEMENT 0/0 sur 200 mm	OBSERVATIONS
Éprouvettes aplaties à chaud et recuites.	Côté opposé à la soudure.	36,5	22,5	
	id.	31,5	17	Le métal présente une forte rayure longitudinale.
	id.	33,9	23	
	id.	35,7	24,5	
	Côté de la soudure . . .	33,7	24,5	
	id.	34,25	22	
	id.	32	21	
	id.	34	24	
	Moyenne.	34,0	23,07	
Éprouvettes non aplaties et non recuites.	Côté opposé à la soudure.	36,5	25	
	id.	38,2	23	
	id.	35,2	20,5	
	id.	36,1	28	
	Côté de la soudure. . . .	34,5	24,5	
	id.	38	20,5	
	id.	32,5	25,5	
	id.	34,4	27,5	
	Moyenne.	35,7	24,4	

Ces chiffres montrent que, même avec le renflement encore plus fort à 1/30 que celui prescrit par la Marine, les tubes étirés à chaud, après passage au boulet, donnent toute satisfaction au point de vue de la résistance et de l'allongement.

Un recuit définitif n'est pas nécessaire, alors que, avec l'étirage à froid prescrit par la Marine, on s'est rendu compte, dans les réceptions faites jusqu'ici, que ce recuit, qui n'est pas prescrit, est pourtant absolument nécessaire ; il est fait, d'ailleurs, actuellement.

L'étude de cette méthode d'essai doit porter également sur le meilleur diamètre à adopter pour le boulet ; toutefois cette question paraît moins importante, avec l'étirage à chaud tel que nous l'avons essayé, puisque d'après la moyenne des essais précédents, l'allongement reste de 24,4 0/0 pour des éprouvettes non recuites.

Mais, d'une manière générale, l'action du passage du boulet doit être étudiée sur des tubes de différents diamètres et de diffé-

rentes épaisseurs pour rechercher le renflement de diamètre le plus efficace.

Si cette étude montre que le renflement de 1/40, demandé par la Marine, fait quelquefois décoller des soudures qui résisteraient en service, il serait préférable d'adopter un chiffre moindre qui aurait également l'avantage de diminuer la plus-value des tubes provenant de leur réception.

Quoi qu'il en soit, toutes ces prescriptions, recouvrement de 20 *mm* demandé par M. Vinçotte, passage au boulet, suivi d'étirages à froid, comme la Marine le prescrit, ou d'étirage à chaud, tel que nous le proposons, auront pour effet d'améliorer la fabrication des tubes, tant dans le laminage en lui-même que dans la qualité de l'acier qui doit être plus soudable.

Ces divers essais, martelage sous pression, lecture de la largeur du recouvrement, passage au boulet, sont prescrits individuellement pour chaque tube ; c'est là, en effet, la condition indispensable d'une bonne réception, car par leur fabrication même, la soudure des tubes d'un même lot varie d'un tube à un autre.

Les essais de mandrinage, de rabattement de collerette, de retournement, d'aplatissement prescrits également dans le cahier des charges de la Marine et dans ceux des Compagnies de chemins de fer, sur un tube par lot de 100 tubes, tout en renseignant sur la qualité du métal employé à la confection des tubes, ne peuvent être considérés comme réception suffisante ; leur réussite peut entraîner l'acceptation d'un lot qui laisserait à désirer et, inversement, leur non-exécution peut rebuter des tubes qui répondraient pourtant aux autres essais individuels.

Ces essais doivent donc être complétés par les essais individuels comme les Associations des propriétaires d'appareils à vapeur le font couramment pour la réception des tôles des chaudières.

Quelque intérêt que présentent d'ailleurs ces essais demandés pour les tubes soudés d'une part, et quelle que soit la tendance à employer les tubes sans soudure d'autre part, il ne faut pas oublier que ces essais et cette tendance ne répondent qu'aux préoccupations relatives au décollage des soudures ; or, nous avons fait ressortir dans cette étude que les accidents de chaudières multitubulaires ne proviennent qu'en faible partie de décollage de soudures, qu'ils sont dus surtout à des défauts d'entretien et de conduite.

Malgré cela, comme pour les tôles de chaudières, un contrôle bien raisonné de la bonne fabrication des tubes n'en reste pas moins un des éléments importants de la sécurité et, en résumé, avec de bonnes proportions et une construction parfaite, avec des tôles et des tubes de bonne qualité, avec une surveillance attentive et un entretien soigné, le nombre des accidents des générateurs multitubulaires, dont nous avons recherché les diverses causes, devra diminuer peu à peu, en répondant ainsi à nos justes préoccupations au point de vue de la sécurité publique.

NOTES

SUR

LES COURANTS ALTERNATIFS POLYPHASÉS

PAR

M. G. de CHASSELOUP-LAUBAT

TABLE

SOMMAIRE

Dans les notes qui suivent, nous avons d'abord rapidement comparé les différentes méthodes de distribution de l'énergie électrique actuellement employées. Nous avons essayé de faire ressortir les avantages et les inconvénients inhérents à chaque système ; et nous avons ainsi été conduits à formuler certains desiderata. Nous avons alors indiqué comment on pouvait satisfaire à ces desiderata par l'emploi des courants alternatifs polyphasés.

Après avoir examiné les principes des différents moteurs à courants alternatifs, nous avons particulièrement étudié les moteurs à champ magnétique tournant ; et enfin nous avons montré com-

ment les courants alternatifs polyphasés pouvaient être transformés en courants continus.

Quant à la production et à la transformation (au point de vue tension) des courants polyphasés, nous avons jugé inutile de nous y arrêter, car elles ne diffèrent pas sensiblement de celles des courants alternatifs simples.

COMPARAISON ENTRE LES DISTRIBUTIONS PAR COURANTS CONTINUS ET PAR COURANTS ALTERNATIFS

La rivalité entre les courants continus et les courants alternatifs commença il y a une dizaine d'années. La question est trop complexe pour que l'on puisse la trancher d'une façon absolue.

D'un côté, l'énergie électrique transmise sous forme de courant continu permet des opérations électrolytiques et peut être emmagasinée; choses actuellement impossibles avec les courants alternatifs. De plus, jusqu'à ces dernières années, la transformation de l'énergie d'un courant alternatif en travail mécanique n'était pas entrée dans le domaine de la pratique.

D'un autre côté, la construction des machines produisant les courants alternatifs est très simple; leur rendement est très élevé. Elles peuvent produire d'une façon directe des tensions que les machines à courants continus ne sauraient atteindre, à cause de leur commutateur. Au point de vue de leur transformation, les courants alternatifs permettent l'usage d'appareils sans parties mobiles et d'un rendement excellent.

En tenant compte des qualités et des défauts des deux systèmes, on peut discuter leur emploi dans différents cas, et formuler quelques desiderata.

Le cas le plus fréquent, et aussi le plus complexe, est celui d'une distribution urbaine. Ici, outre le rendement général et le prix d'installation, il faut encore considérer la sécurité de fonctionnement et tenir compte de la variabilité excessive de la consommation. Enfin, la sécurité des personnes employant le courant vient encore compliquer la question en rendant dangereux l'emploi des hautes tensions chez les consommateurs.

Dans un centre très dense, et où il sera possible de produire sur place l'énergie électrique, on pourra bien distribuer un courant à basse tension, avec une perte acceptable dans les conducteurs.

Et cela sans donner à ces conducteurs une section augmentant par trop le prix d'installation.

Mais, en dehors de ce cas, il faudra généralement produire un courant à haute tension, dont la transmission à distance sera relativement économique ; puis le transformer pour le distribuer à basse tension.

Nous allons examiner rapidement les différentes méthodes par lesquelles on peut arriver à ce résultat. Sans entrer dans les détails, nous tâcherons de faire ressortir les grandes lignes de chacune d'elles et d'en tirer des conclusions sur leur emploi :

Actuellement on peut employer :

1° Les courants alternatifs ;

2° Les courants continus sans accumulateurs ;

3° Les courants continus avec accumulateurs.

1° Distribution par courants alternatifs.

La facilité de transformation de ces courants permet d'aborder des tensions énormes et de les localiser sur des circuits parfaitement isolés. On réalise ainsi une économie de cuivre très considérable, tout en ayant dans les lignes des pertes peu importantes.

Par exemple, on peut construire une machine donnant 100 volts avec un rendement industriel de 90 0/0. Cette tension sera portée à 10, 25 ou même 30 000 volts dans un appareil rendant 96 à 97 0/0 ; l'ensemble alternateur-transformateur ayant ainsi un rendement de 87 0/0. Avec un pareil courant, la perte peut être estimée moindre de 5 0/0, dans une ligne même très longue et de section relativement faible.

Une ou plusieurs sous-stations recevront ce courant et réduiront sa tension à 1 000 ou 2 000 volts, en ne causant qu'une nouvelle perte de 3 à 4 0/0. Remarquons, en passant, que les dimensions de ces sous-stations seront très restreintes, même pour des puissances considérables, et que la surveillance en sera très simple.

Jusqu'ici, nous avons admis que les différents transformateurs fonctionnaient à pleine charge, ce qui est réalisable. C'est pourquoi nous avons pu leur attribuer des rendements de 96 à 97 0/0. Dans ces conditions on retrouvera au tableau de distribution de la sous-station 80 0/0 de l'énergie mécanique qui a été fournie à l'arbre de l'alternateur, placé à une grande distance. Quant à la perte moyenne dans le réseau, à 1 000 ou 2 000 volts, elle sera

vraisemblablement très faible, sans pour cela en exagérer les sections.

Le rendement si élevé jusqu'à présent va malheureusement être beaucoup diminué par les derniers transformateurs placés chez les abonnés et devant réduire la tension à 110 volts par exemple. En effet, ces appareils ne marchent presque jamais à pleine charge et dans ces conditions on peut affirmer que leur rendement moyen annuel ne dépasse pas 50 0/0. On a bien imaginé des dispositifs pour remédier à ce grave inconvénient; mais ils ne semblent pas avoir une efficacité absolue, ou du moins les complications qu'ils entraînent les ont empêchés d'entrer dans la pratique.

La consommation quotidienne d'énergie électrique, dans les villes, suit généralement une loi analogue à celle qui est indiquée dans la figure :

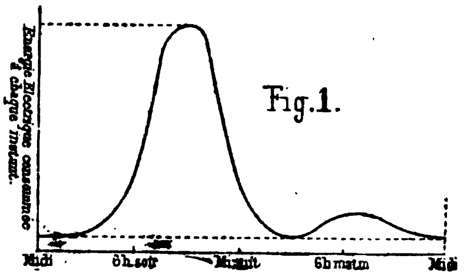


Fig.1.

On voit que le matériel est totalement employé pendant bien peu d'heures par jour. Il en résulte que son rendement spécifique moyen (c'est-à-dire son utilisation) est des plus médiocres.

Dans ce genre de distribution, à travers les multiples transformations que nous avons indiquées, il existe une liaison absolue entre l'alternateur et la lampe placée chez l'abonné. Toute perturbation provenant de l'un de ces appareils est ressentie instantanément par l'autre. On peut dire que le système manque complètement d'élasticité. Or, comme nous désirons une sécurité de fonctionnement raisonnable, nous ne pourrons nous la procurer qu'à l'aide de machines de secours dont la puissance sera une fraction assez importante de la puissance à fournir. Cette obligation diminue encore plus l'utilisation déjà mauvaise du matériel.

2° Distribution par courants continus sans accumulateurs.

Sauf la possibilité d'effectuer des opérations électrolytiques (application assez rare du courant dans une distribution urbaine), et surtout celle de transformer le courant en travail mécanique, dans des moteurs d'un emploi commode et d'un rendement satisfaisant, ce système n'est en rien supérieur au précédent.

On ne pourra même pas faire usage, pour la transmission à grande distance, de tensions aussi grandes que tout à l'heure. De plus, les transformateurs à courants continus comportent des parties mobiles et, par conséquent, nécessitent une surveillance sérieuse. On devra donc forcément les placer dans des sous-stations et non pas chez les abonnés. Il en résulte que le réseau de distribution sera à 110 volts (on a 220 volts dans un système à 3 fils) et que le réseau coûtera beaucoup, soit en frais d'établissement, soit en énergie dissipée.

Tout ce que nous avons dit au sujet de la mauvaise utilisation du matériel dans la distribution par courants alternatifs s'applique aussi dans le cas actuel.

3° Distribution par courants continus avec accumulateurs.

Quoique cela ait été quelquefois préconisé et que certaines installations aient été faites sur ce principe, il ne semble pas pratique de se servir des accumulateurs comme moyen de transformation.

En effet, dans ce cas, la totalité de l'énergie électrique devant traverser les accumulateurs, il en résulte une perte de 25 0/0. De plus, si on se sert de tensions élevées, l'isolement des batteries est très difficile à maintenir.

Les batteries devront être placées dans des sous-stations; il ne peut être question de les placer chez les abonnés. Ces sous-stations pourront être en dérivation, ou bien en série sur le circuit à haut potentiel.

Nous allons passer en revue les différents dispositifs que l'on peut adopter.

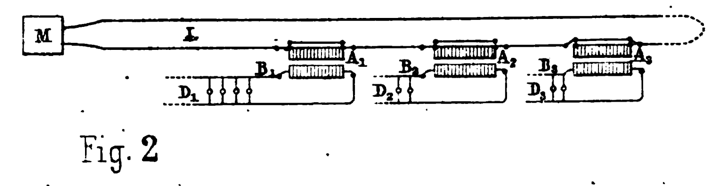


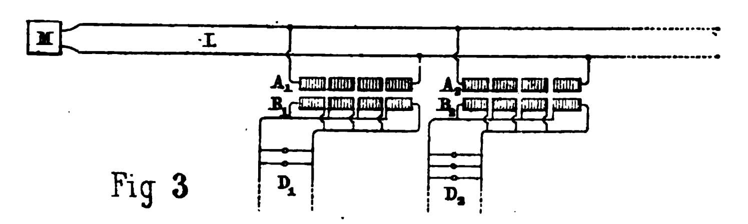
Fig. 2

M Machine produisant le courant de haute tension. — L Ligne alimentant les sous-stations — A^1 A^2... Batteries en charges. — A^3 Batterie chargée. — B^1 B^2 B^3... Batteries alimentant les distributions à basse tension D^1 D^2 D^3...

a. — Sous-stations en série. — Le courant à haute tension devra être à intensité constante, et comme la consommation des différentes sous-stations n'est pas la même, dès qu'une batterie est

chargée, on la sort du circuit de charge, afin de diminuer d'autant sa résistance. Mais la perte dans la ligne L n'en demeure pas moins la même, quel que soit le nombre des batteries en charge; et cette mise hors circuit d'une batterie, sans interrompre la marche de la machine M, est assez délicate.

Les distributions $D_1 D_2$... seront à 2, 3 ou 5 fils.



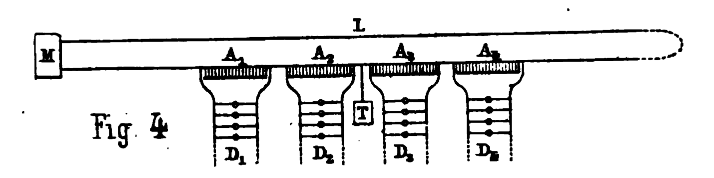
M Machine produisant le courant de haute tension. — L Ligne alimentant les sous-stations. — A^1 A^2... Batteries en charges. — B^1 B^2 Batteries alimentant les distributions à basse tension (D^1 D^2...), ces batteries sont divisées en groupes réunis en quantité. — Les distributions D^1 D^2... seront à 2, 3 ou 5 fils.

b. — Sous-stations en dérivation. — Cette disposition demande une différence de potentiel constante entre les deux conducteurs à haute tension. La force électromotrice de chaque batterie doit être égale à cette tension; pendant la décharge, au contraire, on divise chaque batterie en groupes montés en quantité. Ce système conduit à des batteries composées d'un grand nombre de petits éléments, ce qui est un inconvénient. A d'autres égards encore, il semble moins bon que le précédent.

Il faut remarquer qu'ici la perte d'énergie dans la ligne à haute tension (L) diminue avec l'énergie fournie aux batteries.

Ce système n'a jamais été employé, du moins à notre connaissance.

c. — Pour éviter la transformation de la totalité de l'énergie électrique, et pour diminuer de moitié le nombre des accumulateurs, on a imaginé le dispositif suivant :



Le courant à haute tension traverse toutes les batteries des dif-

férentes sous-stations placées en série. Les circuits secondaires sont branchés de part et d'autre de chaque batterie.

Ici, la difficulté d'isolement, qui n'existe dans les systèmes *a* et *b* que pendant la charge et lorsqu'il n'y a aucune communication entre la batterie et le circuit secondaire, devient permanente. En outre, s'il est vrai que la différence de potentiel entre les deux fils d'un circuit secondaire n'est que de 110 volts, par exemple, la différence de potentiel entre un de ces fils et la terre peut être considérable. La sécurité des personnes faisant usage du circuit secondaire n'est donc plus assurée.

A ce point de vue, il n'est licite d'employer ce système que lorsque la différence maxima de potentiel possible entre un conducteur et la terre ne dépasse pas la limite considérée comme dangereuse. Ceci ne permet guère de dépasser 4 à 500 volts sur le circuit à haut potentiel. Dans ce cas, on retombe sur une distribution à 5 fils. On peut bien mettre le milieu (T) du circuit à la terre de façon à réduire de moitié la différence maxima de potentiel entre un fil quelconque et la terre; seulement l'isolement devient encore plus difficile à obtenir et le matériel employé risque beaucoup plus d'être brûlé.

d. — Du moment que, par raison d'économie, il faut se servir de courants primaires à haute tension, il nous semble plus rationnel de diminuer cette tension, dans les sous-stations, au moyen de transformateurs à courants continus, et de placer en dérivation sur chaque circuit secondaire une batterie d'accumulateurs.

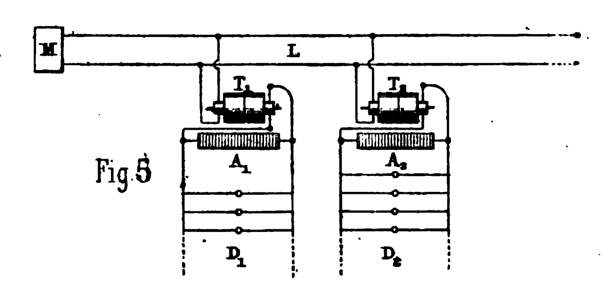


Fig. 5

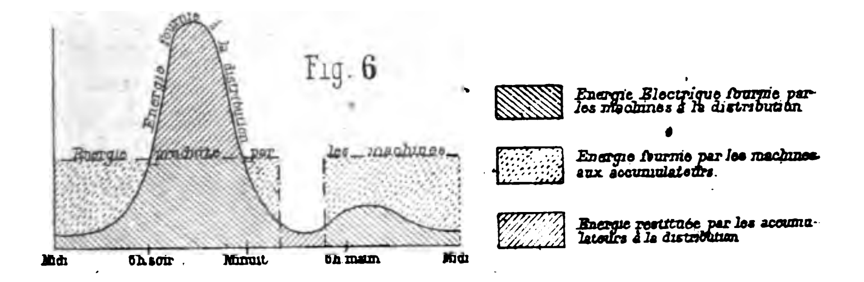
Les transformateurs T_1, T_2... pourront être placés soit en dérivation, soit en série, sur le circuit à haute tension (L). Les distributions secondaires D_1, D_2... seront à 2, 3 ou 5 conducteurs.

Ici, non seulement les circuits secondaires fonctionnent à basse

tension, mais ils sont à un faible potentiel par rapport à la terre. La sécurité des personnes est donc complète et les chances de destruction du matériel faibles. L'isolement des batteries sera aussi plus facile à obtenir.

Nous pourrons donc employer sur le circuit primaire les plus hautes tensions que l'on peut produire. Comme, d'autre part, le rendement des transformateurs à courants continus dépasse 90 0/0, et qu'une partie seulement de l'énergie électrique passe par les accumulateurs, le rendement total sera satisfaisant.

En tous cas, et quelle que soit celle de ces quatre solutions (*a*, *b*, *c*, *d*) que l'on adopte, l'utilisation du matériel sera excellente.



Ainsi qu'on le voit sur la figure, les machines peuvent marcher à pleine charge d'une façon continue ou, par exemple, vingt heures sur vingt-quatre. Elles fonctionnent ainsi avec leur meilleur rendement et sont utilisées à leur maximum.

Tantôt elles fournissent directement (ou par l'intermédiaire des transformateurs) l'énergie électrique que demande la distribution et en même temps chargent les accumulateurs. Tantôt, au contraire, ceux-ci viennent à l'aide des machines en restituant cette énergie. En cas d'arrêt des machines, les accumulateurs, dont le débit spécifique peut être si considérable, suffisent à assurer le service pendant quelque temps ; par là, ils permettent de n'avoir qu'un très petit nombre de machines de secours.

L'accumulateur joue ici le rôle de réservoir intermédiaire, et le système a cette élasticité dont nous parlions plus haut.

Conclusions.

En résumé, cette comparaison entre courants continus et courants alternatifs nous montre que :

1° Les courants alternatifs sont préférables pour les transmissions à longue distance, tant à cause des hautes tensions qu'ils peuvent atteindre qu'à cause de la commodité de leur transformation ;

2° Dans les réseaux secondaires à basse tension, les courants continus leur sont supérieurs, parce qu'ils permettent l'emploi d'accumulateurs ; d'où il résulte une meilleure utilisation du matériel et une plus grande sécurité de fonctionnement.

Cet exposé conduit immédiatement aux trois desiderata suivants :

I. — *Emmagasiner l'énergie électrique fournie sous forme alternative.*

II. — *Transformer un courant alternatif en un courant continu.*

III. — *Transformer l'énergie fournie sous forme de courant alternatif en travail mécanique.*

Il faut remarquer que le problème III résolu offre une solution au problème II. En effet, si on a un moteur à courants alternatifs on peut lui adjoindre une machine produisant un courant continu. On a ainsi un moteur transformateur analogue aux transformateurs à courants continus. De même une solution quelconque du deuxième desideratum en fournit une au premier, par la transformation du courant alternatif en courant continu et par l'emmagasinage de ce dernier.

Néanmoins nous avons conservé à ces trois desiderata leurs formes originelles pour ne rien préjuger quant à leurs solutions directes.

I. — Industriellement parlant, le premier desideratum ne semble guère comporter de solution directe, pour le moment.

II. — MM. Hutin et Leblanc s'occupent depuis longtemps de la possibilité d'effectuer directement cette transformation. Ils ont publié sur le sujet des travaux fort intéressants.

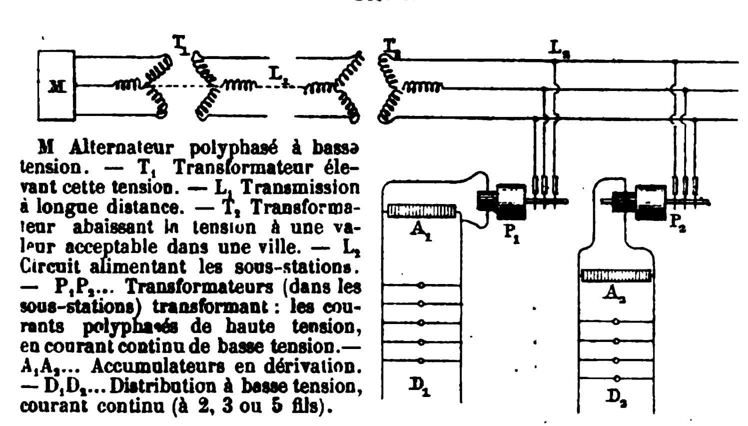
Tout dernièrement ils viennent d'exposer une méthode générale pour transformer les courants alternatifs en courants continus. Elle semble dès maintenant applicable industriellement, et est

particulièrement commode dans le cas où l'on fait usage de courants polyphasés.

Nous étudierons, d'ailleurs *(pages 210 et suivantes)* les différentes méthodes de transformation de ces courants.

Ce problème, étant pratiquement résolu, permet d'adopter le mode suivant de distribution :

Fig. 7.



M Alternateur polyphasé à basse tension. — T_1 Transformateur élevant cette tension. — L_1 Transmission à longue distance. — T_2 Transformateur abaissant la tension à une valeur acceptable dans une ville. — L_2 Circuit alimentant les sous-stations. — P_1P_2... Transformateurs (dans les sous-stations) transformant : les courants polyphasés de haute tension, en courant continu de basse tension.— A_1A_2... Accumulateurs en dérivation. — D_1D_2... Distribution à basse tension, courant continu (à 2, 3 ou 5 fils).

Un alternateur produit des courants polyphasés de basse tension (triphasés par exemple).

Un transformateur élève cette tension à 10 ou 15 000 volts et c'est sous cette forme que se fait la transmission à longue distance. Les courants sont ensuite ramenés à 2 000 volts par un transformateur, et ainsi distribués aux sous-stations, qui peuvent être placées en série ou en dérivation. Dans ces sous-stations des appareils spéciaux transforment ces courants alternatifs en un courant continu et, en outre, une batterie d'accumulateurs est placée en dérivation sur ce dernier courant.

Il semble préférable de placer les sous-stations en dérivation plutôt qu'en série, à cause de l'indépendance qui en résulte pour chacune d'elles. — Si les transformateurs P_1P_2... comportaient un circuit d'excitation nécessitant un courant continu, on l'alimenterait à l'aide des accumulateurs.

Les avantages de toutes les distributions que nous avons étudiées jusqu'ici se trouvent réunis dans ce dernier système :

L'alternateur et les différents transformateurs marchent à pleine charge et ont, par conséquent, un rendement et une utilisation maxima. La sécurité de fonctionnement est très grande, grâce aux accumulateurs. Le transport à grande distance n'est

pas trop onéreux à cause de la très forte tension employée. Enfin la sécurité des personnes est sauvegardée puisque les conducteurs accessibles à l'abonné sont à très bas potentiel.

Nous verrons plus loin comment cette transformation de courants polyphasés en courants continus peut s'effectuer; c'est-à-dire comment sont construits les transformateurs P_1P_2... et quelles sont les propriétés remarquables de ces appareils.

III. — Il nous reste à parler du troisième desideratum ; il est intéressant puisqu'il offre des solutions aux deux autres.

MOTEURS A COURANTS ALTERNATIFS

D'un autre côté, depuis l'origine des distributions par courants alternatifs, on n'a pas cessé de demander un moteur industriel fonctionnant avec ces courants.

Ce problème a été résolu de plusieurs manières que nous allons passer en revue.

On peut diviser les moteurs à courants alternatifs en 3 classes :

1° Moteurs à champ magnétique constant ;

2° Moteurs à champ magnétique alternatif ;

3° Moteurs à champ magnétique tournant.

1° Moteurs a champ magnétique constant

Si un courant alternatif traverse un induit quelconque placé dans un champ magnétique constant, et si cet induit a été préalablement lancé à une vitesse angulaire correspondant à la fréquence du courant alternatif qui le traverse, la rotation se continue synchroniquement avec celle de l'alternateur qui produit le courant. Mais si la résistance mécanique augmente trop le synchronisme est détruit et l'arrêt se produit rapidement.

Pour rendre la machine auto-excitatrice, M. Zipernowski a imaginé de redresser le courant dans une dérivation et de se servir de ce courant redressé pour produire le champ magnétique. Dans ces conditions le synchronisme se maintient plus facilement.

Ces machines ont un rendement élevé. Pour certaines applications, la marche synchronique, loin d'être un inconvénient, constitue un précieux avantage. Mais, d'autre part, la nécessité de faire prendre à vide la vitesse normale de marche, avant que la machine puisse produire aucun travail, fait rejeter dans beaucoup de cas l'usage de ces moteurs.

L'étude en a été faite bien souvent au point de vue théorique, et nous n'avons pas l'intention de la refaire ici.

2° Moteurs a champ magnétique alternatif

Si on lance un courant alternatif dans un moteur à courants continus, il se met à tourner. Seulement, la perte due à l'hystérésis et surtout aux courants de Foucault est énorme. On peut la combattre en se servant d'inducteurs feuilletés comme l'induit. En supprimant tout à fait le fer on arrive au moteur électro-dynamique que Élihu Thomson a utilisé pour ses compteurs.

Mordey a proposé de redresser le courant par un commutateur placé sur l'arbre même du moteur. Au départ, l'effet de ce redresseur est nul, mais à mesure que la vitesse augmente on se rapproche davantage d'un moteur à courant continu.

Dans les moteurs à induits fermés sur eux-mêmes, les spires de l'induit étant soumises à l'action d'un champ alternatif sont le siège de forces électromotrices. En fermant ces spires sur elles-mêmes au moment convenable elles produisent un couple moteur qui fait entrer l'induit en rotation.

Cette classe de moteurs n'est pas employée industriellement à cause de son mauvais rendement, ou de son peu de puissance spécifique (dans le cas du moteur électro-dynamique).

Nous ne l'avons citée que pour mémoire.

3° Moteur a champ magnétique tournant

Les moteurs de cette classe reposent tous sur l'expérience suivante due à Arago :

Si on fait tourner un aimant sous un disque de cuivre, il se développe dans le disque des courants induits dont l'action l'entraîne dans le sens de la rotation de l'aimant. C'est grâce aux courants de Foucault que le disque tourne, et ces courants ne prennent naissance qu'autant qu'il existe une différence de vitesse entre le champ magnétique de l'aimant et le disque. Celui-ci tend donc à prendre la même vitesse que le champ, sans pouvoir l'atteindre rigoureusement.

Au point de vue de la production d'un champ tournant par des moyens autres que la rotation d'un aimant, c'est en 1888 que M. Ferraris montre que :

Lorsque deux courants alternatifs de même période, mais dé-

calés, traversent deux circuits faisant un certain angle, la résultante des deux champs alternatifs ainsi produits est un champ tournant à raison de un tour par période. Dans certaines conditions le champ peut tourner d'un mouvement uniforme et avoir une intensité constante.

Si, dans ce champ tournant, on place un circuit fermé sur lui-même, il est le siège de courants induits qui tendent à le faire tourner dans le même sens que le champ et avec la même vitesse.

On peut aller plus loin et obtenir de plusieurs façons des courants alternatifs diphasés avec un seul courant alternatif :

En employant le courant lui-même et un courant produit par un transformateur, dont le circuit primaire est traversé par le courant (Ferraris).

En combinant deux circuits ayant des constantes de temps très différentes (Tesla) ;

En employant un deuxième circuit fermé sur lui-même et faisant un certain angle avec le circuit parcouru par le courant alternatif. Il s'y développe par induction un courant qui crée le deuxième champ magnétique alternatif nécessaire à la production du champ tournant (Schallenberger) ;

Enfin, MM. Hutin et Leblanc ont proposé une méthode générale basée sur l'emploi de condensateurs.

Généralement on estime qu'il est plus commode de produire directement des courants polyphasés par des machines spéciales.

On peut employer deux courants conduits par quatre fils ou par trois (fil de retour commun) (Ferraris, Tesla) ; mais puisqu'il faut au moins trois conducteurs, il vaut mieux employer trois courants décalés d'un tiers de période, en remarquant qu'à chaque instant la somme algébrique de leurs intensités est nulle ; c'est-à-dire qu'à chaque instant un conducteur sert de fil de retour aux deux autres (Bradley, Dolivo-Dobrowolski, Haselwander, Wenstrœm).

C'est cette classe de moteurs que nous allons particulièrement étudier.

Du champ magnétique tournant.

On peut produire des champs magnétiques tournants avec un nombre quelconque de courants alternatifs convenablement décalés les uns par rapport aux autres. On distingue les champs di-

phasés, triphasés ou multiphasés, suivant qu'ils sont produits par deux, trois ou un plus grand nombre de courants.

1° Champ diphasé

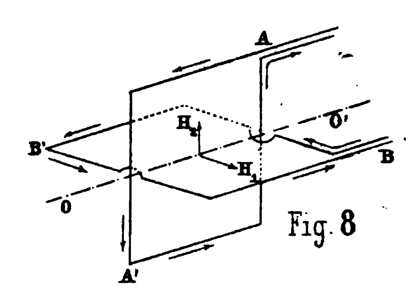


Fig. 8

Considérons deux cadres identiques AA' et BB', faisant un angle droit entre eux et parcourus par deux courants circulant d'après les flèches. Il en résultera deux flux de force.

Supposons maintenant que ces deux courants soient alternatifs, de même période T_1 et de même amplitude I. L'intensité du courant traversant AA' sera à un instant t donné :

$$i_1 = I \sin \frac{2\pi}{T_1} t$$

ou, en posant :

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \qquad i_1 = I \sin \omega_1 t.$$

Si le courant qui traverse BB' est décalé en avance de 1/4 de période par rapport au courant AA', au même moment t, son intensité sera :

$$i_2 = I \sin \frac{2\pi}{T_1} \left(t + \frac{T_1}{4}\right)$$

ou :

$$i_2 = I \cos \omega_1 t.$$

Bien entendu, en posant les formules, nous supposons que la loi des variations des courants est sinusoïdale ; ce qui est pratiquement vrai.

Soit H_0 l'intensité du champ qui serait produit par le courant I circulant dans un des cadres ; les champs produits par i_1 et i_2 auront alors pour intensités :

$$H_1 = H_0 \sin \omega_1 t$$
$$H_2 = H_0 \cos \omega_1 t.$$

Comme les directions de ces deux intensités sont évidemment

perpendiculaires entre elles, l'intensité du champ résultant aura pour valeur :

$$H = \sqrt{H_0^2 \sin^2 \omega_1 t + H_0^2 \cos^2 \omega_1 t}$$

c'est-à-dire H_0.

Soit α l'angle que fait la direction du champ résultant, au moment t, avec le plan AA′ ; on a :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_1}{H_2} = \operatorname{tg} \omega_1 t.$$

Il résulte de ce qui précède que le champ résultant, dans les conditions où nous nous sommes placés, a une intensité constante et tourne avec une vitesse angulaire ω_1, c'est-à-dire fait un tour par période des courants alternatifs. Son sens de rotation est f, si on suppose le courant BB′ en avance sur AA′ et la circulation initiale établie comme sur la figure.

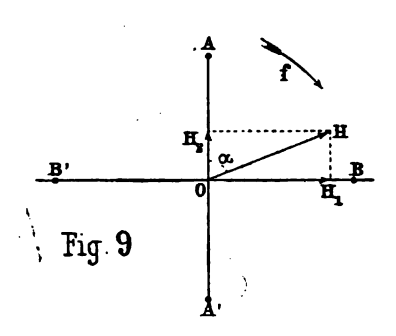


Fig. 9

Pratiquement, pour obtenir un champ plus intense, on remplace les deux cadres à angle droit par un système inducteur en lames de fer minces isolées les unes des autres, pour y éviter les

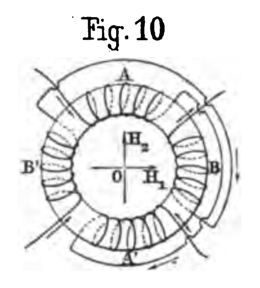


Fig. 10

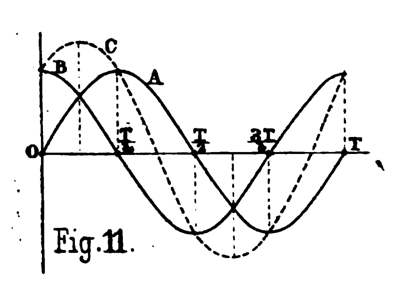


Fig. 11.

courants de Foucault. On peut, par exemple, adopter la disposition ci-contre. Un anneau de fer porte quatre enroulements A, A′, B et B′ réunis par paires de la façon indiquée. Il est facile de voir qu'à l'intérieur nous aurons un champ tournant identique à celui de tout à l'heure.

Pour transmettre ces deux courants alternatifs, on peut n'employer que trois conducteurs. L'intensité qui traverse à chaque instant le fil commun de retour subit les variations indiquées par la courbe C.

Sa valeur est, au moment t :

$$i_1 + i_2 = I (\sin \omega_1 t + \cos \omega_1 t)$$

Si l'on n'admet pas que la perte spécifique d'énergie dans ce conducteur puisse jamais dépasser la valeur maxima qu'elle atteint dans un des deux autres conducteurs, la section du fil de retour sera donnée par la relation :

$$\frac{i^2_{1\,max.}}{s^2} = \frac{(i_1 + i_2)^2_{max.}}{s'^2}$$

s étant la section d'un des deux conducteurs et s' celle du conducteur commun.

Le maximum de i_1 est I;

Celui de $i_1 + i_2$ est $I\sqrt{2}$;

d'où :

$$s' = s\sqrt{2}$$

Il faut cependant remarquer que, bien souvent, la section adoptée pour les conducteurs (s) serait capable de supporter une intensité bien supérieure à I, sans inconvénient pour l'isolant ou l'échauffement. Le plus souvent, s a été déterminé par la perte d'énergie que l'on a admise dans la ligne. Dans ce cas, on peut adopter pour le troisième conducteur cette même section s, sans augmenter la perte dans la ligne et en réalisant ainsi une économie du quart du cuivre.

En effet, la perte par période était, avec quatre conducteurs de section s et de résistance r :

$$W_4 = 2rI^2 \int_{t=0}^{t=T_1} \sin^2 \frac{2\pi}{T_1} t \,.\, dt + 2rI^2 \int_{t=0}^{t=T_1} \cos^2 \frac{2\pi}{T_1} tdt$$

$$W_4 = 4 \frac{rT_1 I^2}{2}$$

Dans le cas de trois conducteurs iden iques, elle est :

$$W_3 = rI^2 \int_{t=0}^{t=T_1} \sin^2 \frac{2\pi}{T_1} t \,.\, dt + rI^2 \int_{t=0}^{t=T_1} \cos^2 \frac{2\pi}{T_1} t \,.\, dt + rI^2 \int_{t=0}^{t=T_1} \left(\sin \frac{2\pi}{T_1} t + \cos \frac{2\pi}{T_1} t\right)^2$$

$$W_3 = 2 \times \frac{rT_1I^2}{2} + \frac{rT_1}{2} I^2 \times 2$$

Donc, $W_3 = W_4$.

2° Champ triphasé

Dans ce cas, on emploie trois courants de même amplitude et période, mais décalés de 1/3 de période.

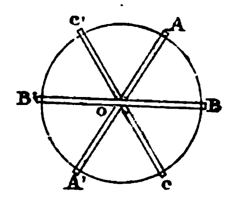


Fig. 12

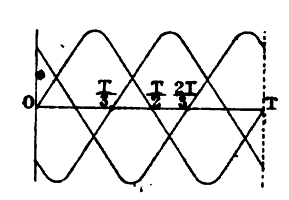


Fig. 12 bis

A un instant donné t, leurs intensités seront donc :

$$i_1 = I \sin \omega_1 t$$

$$i_2 = I \sin \left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$i_3 = I \sin \left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)$$

En posant :

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$$

et les intensités des trois champs seront au même moment :

$$H_1 = H_0 \sin \omega_1 t$$

$$H_2 = H_0 \sin \left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$H_3 = H_0 \sin \left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)$$

en appelant H_0 l'intensité du champ qui serait produit par l'intensité I circulant dans un des cadres.

Pour évaluer l'intensité du champ résultant, remarquons que H_1, H_2 et H_3 font des angles de 120° $\left(\frac{2\pi}{3}\right)$ entre eux. Prenons deux axes : *oy* suivant H_1 et *xx'* perpendiculaire à *oy*.

Soient x_1, x_2, x_3 et X; y_1, y_2, y_3 et Y les composantes des intensités magnétiques des champs suiva nt cesdeux directions; nous aurons :

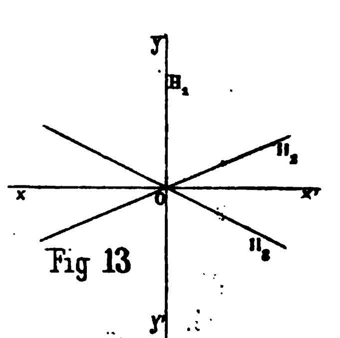


Fig 13

$$x_1 = 0$$

$$x_2 = H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)\cos\frac{\pi}{6}$$

$$x_3 = H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)\cos\frac{5\pi}{6}$$

$$= - H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)\cos\frac{\pi}{6}$$

D'où :

$$X = x_1 + x_2 + x_3$$

$$= - H_o \cos\frac{\pi}{6}\left[\sin\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right) - \sin\left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)\right]$$

$$= - X_o \cos\frac{\pi}{6}\left[2\cos(\omega_1 t + \pi)\sin\frac{\pi}{3}\right]$$

et comme

$$\cos\frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin\frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

il vient

$$X = \frac{3}{2} H_o \cos\omega_1$$

De même on a :

$$y_1 = H_o \sin\omega_1 t$$

$$y_2 = H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)\cos\frac{2\pi}{3} = - H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)\sin\frac{\pi}{6}$$

$$y_3 = H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)\cos\frac{4\pi}{3} = - H_o \sin\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)\sin\frac{\pi}{6}$$

$$Y = y_1 + y_2 + y_3 = H_o \sin\omega_1 t - H_o \sin\frac{\pi}{6}\cdot 2\sin(\omega_1 t + \pi)\cos\frac{\pi}{3}$$

Or :

$$\cos\frac{\pi}{3} = \sin\frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$$

D'où :

$$Y = \frac{3}{2} H_0 \sin \omega_1 t$$

L'intensité du champ résultant est donc, au moment t, égale à:

$$H = \sqrt{X^2 + Y^2} = \frac{3}{2} H_0.$$

Cette intensité est constante.

La valeur de ses composantes X et Y nous montre, en outre, que le champ tourne avec une vitesse $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$, c'est-à-dire fait un tour par période des courants.

Il convient ici de remarquer que la somme algébrique des intensités des trois courants est constamment nulle; en effet :

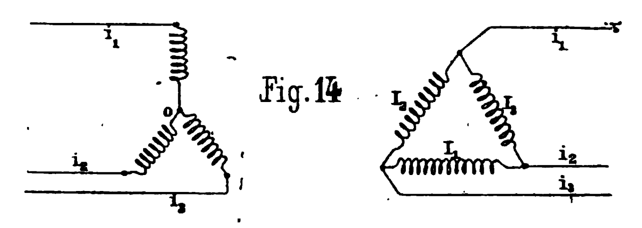
$$i_1 + i_2 + i_3 = I\left[\sin \omega_1 t + \sin\left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right) + \sin'\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right)\right]$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0.$$

Il en résulte que, pour transmettre ces trois courants, on peut supprimer les fils de retour, en réunissant les trois extrémités des circuits parcourus par les courants. On peut dire qu'à chaque instant un conducteur sert de fil de retour aux deux autres.

Les trois enroulements sont pratiquement disposés sur un inducteur feuilleté, d'une façon analogue à celle que nous avons indiquée pour le champ diphasé.

On peut les grouper de deux façons : en étoile et en triangle.


Fig. 14

Legroupement en étoile semble devoir être préféré; en effet, une légère dissymétrie dans les trois bobines ne cause qu'une

perturbation insignifiante dans la répartition des courants ; il n'en est pas du tout de même avec le groupement en triangle.

3° Champ multiphasé

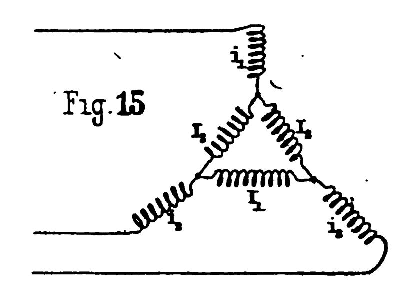
Nous venons de voir que, théoriquement, le champ produit à l'aide de 2 ou 3 courants est constant.

Pratiquement, il n'en est pas ainsi. La présence du fer du système inducteur donne lieu à des phénomènes d'hystérésis ; l'armature réagit sur le champ qui l'entraîne ; enfin les courants alternatifs sont plus ou moins sinusoïdaux.

Il en résulte que le champ subit des variations périodiques de part et d'autre de sa valeur théorique. Ces variations sont d'autant plus grandes que le nombre des bobines de l'inducteur est plus faible. D'après des expériences faites par la maison Siemens et Halske, ces fluctuations qui sont pratiquement nulles avec 6 bobines (parcourues par 6 courants décalés de 1/6 de période), atteignent 13 0/0 avec 4 bobines.

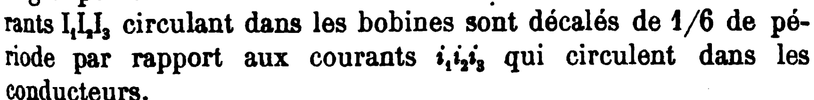
Comme il semble y avoir intérêt à avoir un couple constant, on a cherché à rendre le champ tournant constant.

On pourrait y arriver en employant un plus grand nombre de courants alternatifs décalés ; mais cela entraînerait des complications considérables tant dans la production que dans la transmission de ces courants. Il est bien plus simple d'avoir recours à certains enroulements qui permettent de multiplier le nombre des champs composants, sans augmenter le nombre des courants employés.


Fig. 15

Entre autres, on peut employer une des méthodes suivantes :

1° Une combinaison des deux dispositifs en triangle et en étoile.

Il est facile de voir que dans le groupement en étoile les cou-

rants $I_1I_2I_3$ circulant dans les bobines sont décalés de 1/6 de période par rapport aux courants $i_1i_2i_3$ qui circulent dans les conducteurs.

Donc dans l'enroulement mixte ci-dessus on aura bien 6 courants décalés de 1/6 de période. En combinant convenablement

les résistances des différentes bobines on pourra y avoir des courants de même intensité.

2° Considérons 3 courants alternatifs A, B et C, de même période et amplitude, et décalés de 1/3 de période.

Fig. 16

Faisons traverser par A d'abord une obine (*a*) enroulée dans un sens ; puis une deuxième bobine (*a'*) convenablement placée sur l'anneau inducteur, mais enroulée en sens inverse. Le résultat sera identiquement le même que si la deuxième bobine était enroulée dans le même sens que la première, mais traversée par un courant A' de sens contraire à A.

En faisant de même pour B et C, tout se passe donc comme si nous avions 6 courants décalés de 1/6 de période et se succédant dans l'ordre : AC'BA'CB'.

Fig. 17

Le même procédé permet d'obtenir 4 courants décalés de 1/4 de période à l'aide de 2 courants décalés de 1/4.

Dans le cas d'un champ produit par 6 courants, si H = l'intensité du champ produit par un courant I circulant dans un des 6 enroulements, on montre facilement que l'intensité du champ tournant est à chaque instant égale à 3 H, et qu'il fait un tour par période des courants.

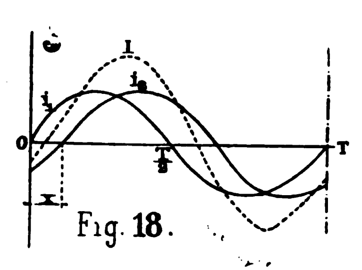


Fig. 18.

La somme algébrique des intensités de ces courants est constamment nulle.

3° M. Dolivo Dobrowolski a été plus loin encore dans cet ordre

d'idées en faisant remarquer que quand on superpose deux courants de même période T et intensité i, mais décalés d'un temps x, le courant a pour intensité :

$$I = 2i \cos \frac{x}{2}.$$

C'est d'ailleurs sur ce principe qu'est basée la méthode 1° indiquée page 187.

On peut donc adopter le dispositif suivant qui est une combinaison des deux précédents :

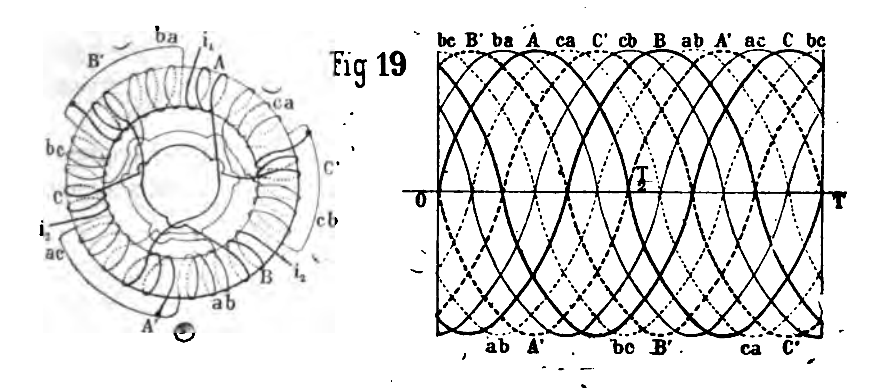


Fig 19

Les enroulements sont de sens inverse dans les bobines :

A et A′	B et B′	C et C′
ab et *ba*	*ac* et *ca*	*bc* et *cb*

On combine leurs résistances de façon que le nombre d'ampères tours de chacune d'elles soit le même. On arrive ainsi à obtenir le même effet qu'avec 12 courants décalés de $\frac{T}{12}$ et cela avec seulement 3 courants décalés de $\frac{T}{3}$.

Ce résultat est mis en évidence par les courbes ci-dessus.

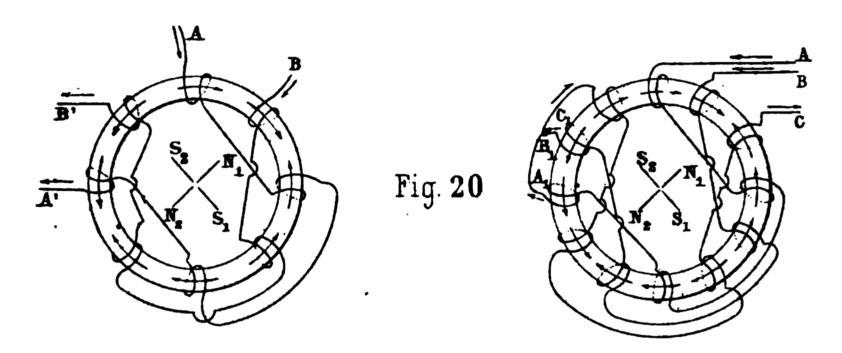
4° Champ multipolaire

Tous les champs que nous avons étudiés jusqu'ici (di, tri et multiphasés) sont bipolaires. Les courants, en nombre quel-

conque, produisent un champ à 2 pôles, faisant toujours un tour par période des courants.

Dans certains cas il peut être avantageux d'avoir une marche plus lente ; et on est ainsi conduit à chercher à produire un champ à m pôles tournant avec une vitesse $\frac{1}{m}$ de la fréquence des courants employés. Bien entendu, on pourra utiliser 2, 3 ou un plus grand nombre de courants pour arriver à ce résultat.

Les deux figures ci-dessous montrent des dispositifs satisfaisants, et sont assez simples pour se passer de descriptions.



Champ tournant diphasé à quatre pôles. Champ tournant triphasé à quatre pôles.

Au lieu des enroulements indiqués, et qui sont les plus simples, on peut employer sur chacune des n sections, un des enroulements que nous avons décrits dans les pages précédentes et qui permettent d'obtenir de 2 ou 3 courants le même effet (au point de vue de la régularité du champ) que de 4, 6 ou 12 courants.

Quant à l'intensité du champ multipolaire produit dans ces conditions, il n'est pas facile de calculer d'une façon générale sa valeur à un instant quelconque.

En en traçant la courbe, on voit que l'on a bien un champ multipolaire faisant $\frac{n}{m}$ tours par seconde (n étant la fréquence des courants employés), mais son intensité est loin d'être constante.

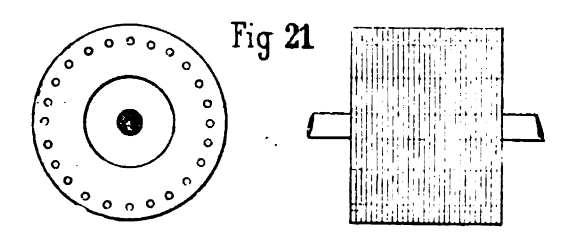
De l'Induit.

Quel que soit le moyen employé pour produire le champ tournant, on y place un induit dont l'enroulement est fermé sur lui-

même. Ainsi que nous allons le voir, le champ tournant développe dans l'induit des courants qui y déterminent un champ également tournant. Ce deuxième champ est entraîné par le premier et fait ainsi tourner l'induit avec une vitesse forcément inférieure à celle du premier champ tournant. En effet, si la vitesse de l'induit venait à égaler celle du premier champ, le flux de force qui traverserait ses spires serait constant, et il n'y aurait plus de force électromotrice induite dans ces spires.

Il faut choisir un enroulement offrant le moins de résistance possible aux courants résultant de la force électromotrice induite dans les spires. On n'aurait pas augmenté l'intensité du champ produit par ces spires en multipliant le nombre des tours (pour un même poids de cuivre); car la résistance étant multipliée dans le même rapport, la force magnéto-motrice, qui est proportionnelle au nombre d'ampères tours, fût demeurée la même. On aurait seulement compliqué la construction de la machine. — D'un autre côté, l'usage d'une enveloppe continue en cuivre aurait eu des inconvénients au point de vue de la résistance magnétique; et dans cette enveloppe, pas plus d'ailleurs que dans un induit en fer massif, les courants ne se seraient nécessairement dirigés de la façon la plus avantageuse à la création du champ. Nous devons cependant ajouter que l'induit en fer massif a été employé pour des moteurs de faible puissance; mais la légère simplification de construction ainsi réalisée n'est achetée qu'au prix d'une diminution de rendement qui semble disproportionnée.

On s'est actuellement arrêté à la construction suivante (Brown):

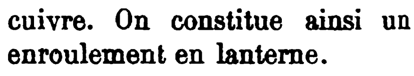

Fig 21

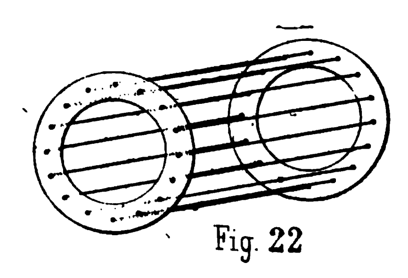
L'induit, qu'il soit en forme de cylindre plein ou d'anneau, est formé de lames minces de tôle isolées; on évite ainsi la formation de courants de Foucault dans la masse de fer. Ces tôles sont percées de trous parallèles aux génératrices et situés tout près de la circonférence extérieure. C'est dans ces trous que l'on place

les barres de cuivre (isolées du fer) qui constituent l'enroulement. On canalise ainsi les courants de Foucault de manière à les utiliser le plus avantageusement possible. Cette construction permet, en outre, de réduire beaucoup l'entrefer et d'avoir une résistance magnétique relativement faible.

Dans un champ tournant bipolaire il faut réunir les barres diamétralement opposées de façon à constituer un cadre fermé sur lui-même. Il existe cependant une autre manière de les relier qui réalise une économie de cuivre et qui est d'une construction plus commode, tout en étant identiquement la même au point de vue de la circulation des courants induits :

Les extrémités de toutes les barres sont réunies sur 2 cercles de


cuivre. On constitue ainsi un enroulement en lanterne.


Fig. 22

On peut aussi enrouler l'induit d'une façon analogue à celles que nous avons étudiées pour l'inducteur. Dans ce cas (si on fait usage de courants triphasés, par exemple) les 3 extrémités libres de l'enroulement de l'induit aboutissent à 3 bagues placées sur l'arbre ; de la sorte on peut y introduire des résistances variables, ce qui peut être utile en particulier au moment du démarrage, afin d'empêcher le courant de prendre une intensité dangereuse pour l'enroulement.

Calcul de la puissance développée.

Champ tournant bipolaire

Soient :

oy La direction du champ tournant au moment t ;

H L'intensité de ce champ ;

μ La perméabilité du fer de l'induit pour la valeur H du champ ;

AB Une spire quelconque de l'induit ;

S La surface de cette spire ;

δ L'angle des plans de 2 spires consécutives ;

p Le nombre des spires, c'est-à-dire le nombre des barres compté sur 1/2 de l'induit ;

r La résistance d'une spire fermée sur elle-même ;

e Son coefficient de self-induction ;

ω_1 La vitesse angulaire du champ tournant ;
ω_2 La vitesse angulaire de l'induit ;
$\omega = \omega_1 - \omega_2$ C'est la valeur absolue de la vitesse relative de l'induit par rapport au champ ;
$N = \mu HS$ C'est le flux de force dû au champ inducteur qui traverse l'induit ;
α L'angle de AB avec oy.

La valeur du flux de force qui traverse AB est :

$$N_{AB} = N \sin \alpha$$

d'où :

$$\frac{dN_{AB}}{dt} = \frac{d\alpha}{dt} N \cos \alpha.$$

Or $\frac{d\alpha}{dt}$ est la vitesse angulaire relative de l'induit par rapport au champ tournant ; cette vitesse est négative, c'est $-\omega$.

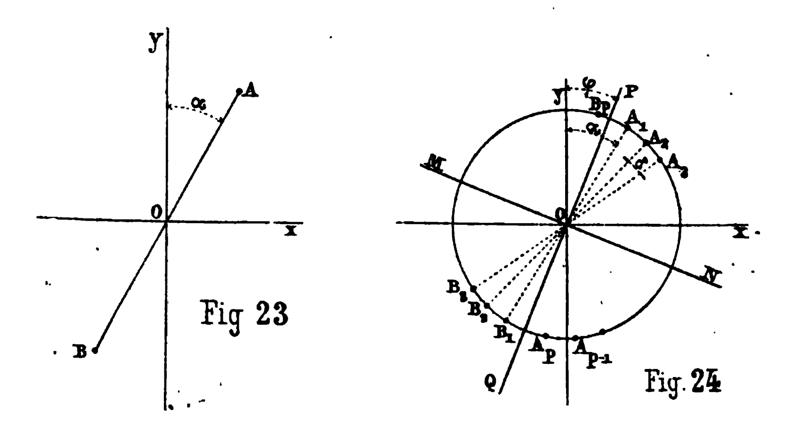
La force électromotrice induite dans la spire est donc :

$$\varepsilon = -\frac{dN_{AB}}{dt} = \omega N \cos \alpha.$$

Comme $\alpha = \omega t$, on voit que les spires sont traversées par des courants alternatifs dont la période T est donnée par :

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

L'intensité du courant dû à cette force électromotrice est donc :



$$i = \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \cos (\alpha - \varphi)$$

en posant :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega l}{r}.$$

Considérons maintenant toutes les spires de l'induit.

Soient :

A_1B_1 la première spire à partir du plan PQ faisant l'angle φ avec oy ;

A_2B_2 la deuxième, etc.

$i_1 i_2$... etc., les intensités des courants correspondants.

Nous aurons au moment t :

$$i_1 = \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \cos (\alpha - \varphi),$$

α est l'angle de A_1B_1 avec oy.

$$i_2 = \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \cos (\alpha + \delta - \varphi ;$$

$$i_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$i_p = \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \cos(\alpha + (p - 1) \delta - \varphi).$$

Évaluons maintenant le couple moteur produit par l'action de ces courants sur le champ inducteur. Le couple dû à une spire est égal au produit du courant qui traverse la spire par le flux qui traverse sa surface.

C'est-à-dire pour :

A_1B_1... $N \sin \alpha \times \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \cos (\alpha - \varphi) = \frac{\omega N^2}{r} \cos \varphi \cos (\alpha - \varphi) \sin \alpha$;

A_2B_2... $\frac{\omega N^2}{r} \cos \varphi \cos (\alpha + \delta - \varphi) \sin (\alpha + \delta)$;

. . . .

A_pB_p... $\frac{\omega N^2}{r} \cos \varphi \cos\left(\alpha + (p - 1) \delta - \varphi\right) \sin (\alpha + (p - 1) \delta)$.

La valeur du couple total est donc :

$$G = \frac{\omega N^2}{r} \cos \varphi \sum_{\alpha = \varphi}^{\alpha = \varphi + \pi} \cos (\alpha - \varphi) . \sin \alpha .$$

$$G = \frac{p}{2} \frac{\omega N^2}{r} \cos \varphi . \sin \varphi .$$

En remarquant que $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega l}{r}$, cette valeur peut se mettre sous la forme :

$$G = \frac{p}{2}\frac{\omega^2 N^2 l}{r^2 + \omega^2 l^2}.$$

On voit que pour la machine considérée et pour une certaine valeur de ω, ce compte est constant.

Quand ω tend vers zéro (c'est-à-dire quand l'induit tourne avec une vitesse presque égale à celle du champ), le couple tend aussi vers zéro.

Au contraire, le couple augmente avec ω. La valeur maxima de ω a lieu lorsque $\omega_2 = 0$ ($\omega = \omega_1 - \omega_2$), c'est-à-dire lorsque l'induit est arrêté ; donc le couple est maximum au moment du démarrage et sa valeur est dans ce cas :

$$G_m = \frac{p}{2}\frac{\omega_1^2 N^2 l}{r^2 + \omega_1^2 l^2}.$$

La puissance développée est :

$$P = \omega_2 G = \frac{p}{2}\frac{\omega_2 \omega^2 N^2 l}{r^2 + \omega^2 l^2}.$$

On peut se demander dans quelles conditions de marche (c'est-à-dire pour quelle valeur de ω) cette puissance est maxima pour un moteur donné. Nous supposons donc tous les facteurs constants sauf ω. On a :

$$\omega = \omega_1 - \omega_2 \qquad \omega_2 = \omega_1 - \omega,$$

d'où

$$P = \frac{p}{2} N^2 l \frac{\omega^2(\omega_1 - \omega)}{r^2 + \omega^2 l^2}.$$

Il faut chercher le maximum du deuxième terme du second membre de cette équation. On peut mettre ce terme sous la forme :

$$\frac{a\omega^3 + b\omega^2}{c\omega^2 + d},$$

en posant :

$$a = -1$$
$$b = \omega_1$$
$$c = l^2$$
$$d = r^2.$$

La dérivée de cette fonction d'ω est :

$$\frac{\omega(ac\omega^2 + 3ad\omega + 2bd)}{(c\omega^2 + d)^2}.$$

Remarquons que ω ne peut varier, dans le cas qui nous occupe, que depuis $\omega = 0$ jusqu'à $\omega = \omega_1$.

Cette dérivée s'annule pour $\omega = 0$; mais cette valeur d'ω correspond à un minimum de P puisque dans ce cas le couple est nul.

Si nous considérons maintenant l'équation :

$$ac\omega^2 + 3ad\omega + 2bd = 0,$$

en y remplaçant a par sa valeur -1, on peut l'écrire sous la forme :

$$\omega^3 + 3\frac{d}{c}\omega - 2\frac{bd}{c} = 0.$$

Cette équation, du troisième degré, n'a qu'une racine réelle ; car le coefficient du terme du premier degré est positif.

En effet :

$$\frac{d}{c} = \frac{r^2}{l^2}.$$

Pour résoudre, on pose : $\omega = y + z$, et alors l'équation se réduit au système :

$$y^3 + z^3 = \frac{2bd}{c},$$

$$yz = -\frac{d}{c};$$

dont les racines sont :

$$y = \sqrt[3]{\frac{bd}{c} + \sqrt[2]{\frac{b^2d^2}{c^2} + \frac{d^3}{c^3}}} \text{ et } z = \sqrt[3]{\frac{bd}{c} - \sqrt[2]{\frac{b^2d^2}{c^2} + \frac{d^3}{c^3}}}.$$

En remplaçant b, d et c par leurs valeurs il vient :

$$\omega_m = y + z = \sqrt[3]{\frac{\omega_1 r^2}{l^2} + \sqrt[2]{\frac{\omega_1^2 r^4 l^2 + r^6}{l^6}}} + \sqrt[3]{\frac{\omega_1 r^2}{l^2} - \sqrt[2]{\frac{\omega_1^2 r^4 l^2 + r^6}{l^6}}}$$

$$\omega_m = \frac{r}{l}\left[\sqrt[3]{\frac{\omega_1 l}{r} + \frac{\sqrt[2]{\omega_1^2 l^2 + r^2}}{r}} + \sqrt[3]{\frac{\omega_1 l}{r} - \frac{\sqrt[2]{\omega_1^2 l^2 + r^2}}{r}}\right].$$

Si nous posons $\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\omega_1 l}{r}$, il vient :

$$\omega_m = \frac{r}{l}\left[\sqrt[3]{\frac{\sin\varphi_1 + 1}{\cos\varphi_1}} + \sqrt[3]{\frac{\sin\varphi_1 - 1}{\cos\varphi_1}}\right].$$

Cette valeur ω_m de ω est comprise entre $\omega = 0$ et $\omega = \omega_1$; donc elle est acceptable.

En effet, pour $\omega = 0$, $P = 0$ et pour $\omega = +\varepsilon$, P est positif,
pour $\omega = \omega_1$, $P = 0$ et pour $\omega = \omega_1 - \varepsilon$, P est positif.

Donc il y a un maximum de P entre $\omega = 0$ et $\omega = \omega_1$; comme nous avons vu que l'équation du troisième degré n'admet qu'une seule racine réelle, qui est ω_m, ceci nous montre *a priori* que ω_m est compris entre 0 et ω_1.

Il est facile de voir que la valeur de ω_m peut aussi se mettre sous la forme suivante :

$$\omega_m = \frac{r}{l}\left(\sqrt[3]{\operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_1}{2} + \frac{\pi}{4}\right)} + \sqrt[3]{\operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_1}{2} - \frac{\pi}{4}\right)}\right).$$

Alors on a :

$$P_m = \frac{p}{2} N^2 l \frac{\omega_m^2(\omega_1 - \omega_m)}{r^2 + \omega_m^2 l^2}.$$

C'est la puissance maxima qu'une machine donnée peut développer ; dans ce cas, l'induit tourne avec une vitesse

$$\omega_2 = \omega_1 - \omega_m.$$

Quant à ω_m, on voit qu'il ne dépend que de r, l et ω_1, c'est-à-dire des conditions de construction du moteur et de la période des courants qui l'alimentent (ω_1 = vitesse angulaire du champ tournant inducteur).

C'est dans ces conditions de marche qu'un moteur donné aura la meilleure utilisation spécifique, mais non pas le meilleur rendement.

Rendement.

Perte due a la résistance du système inducteur.

Elle dépend de la section adoptée pour ses enroulements. On peut donc la faire très petite. Pratiquement, il y a lieu de faire

ici un calcul analogue à celui que l'on applique aux autres machines électriques. On cherche quelles sont les conditions qui sont les plus satisfaisantes en faisant intervenir à la fois la quantité d'énergie dissipée sous forme de chaleur, les surfaces de refroidissement nécessaires pour éviter une élévation de température dangereuse et, enfin, la puissance spécifique que l'on a en vue.

En tout cas, dans une machine bien étudiée, cette perte sera très faible, et on peut toujours lui assigner une valeur maxima, facile à ne pas dépasser (3 à 4 0/0 par exemple).

Pertes dues a l'hystérésis et aux courants de Foucault.

Elles varient avec le volume de fer employé, l'induction magnétique à laquelle il est soumis et la période des courants alternatifs employés. On pourra bien les évaluer pour une machine donnée, en se basant par exemple sur la perte spécifique que l'on a constatée dans des transformateurs fonctionnant dans les mêmes conditions de période et d'intensité d'aimantation ; mais il n'est pas possible d'en calculer ici la valeur d'une façon générale.

On peut cependant remarquer à ce sujet que ces pertes seront d'autant plus grandes que l'induction magnétique sera plus élevée et la période plus courte.

Au point de vue de la période, il faut distinguer les inducteurs de l'induit.

La période T_1 dans les inducteurs est donnée par

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}.$$

(Dans le cas d'un système inducteur bi-polaire, dans lequel le champ tournant fait un tour par période des courants.)

Cette période ne dépend que des courants qui alimentent le moteur.

Au contraire, dans l'induit les courants ont pour période

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \qquad \textit{(Page 194)}.$$

En rappelant que $\omega = \omega_1 - \omega_2$, on voit que T sera toujours bien plus grand que T_1.

Il en résulte qu'au point de vue des pertes dues à l'hystérésis

et aux courants de Foucault il y a intérêt à réduire autant que possible le fer dans le système inducteur. Ce qui conduira, dans les machines importantes, à l'emploi d'inducteurs placés à l'intérieur du système induit et de courants de périodes relativement longues.

Perte due a la résistance de l'induit.

La valeur de cette perte est :

$$\sum ri^2 = \frac{\omega^2 N^2}{r} \cos^2 \varphi \sum_{\alpha=\varphi}^{\alpha=\varphi+\pi} \cos^2 (\alpha - \varphi)$$

$$\sum ri^2 = \frac{p}{2} \frac{\omega^2 N^2}{r} \cos^2 \varphi .$$

Le rendement électrique dans l'induit est donc :

$$\eta = \frac{\omega_2 G}{\omega_2 G + \Sigma ri^2},$$

$$\eta = \frac{\frac{p}{2} \omega^2 N^2 \frac{\omega_2 l}{r^2 + \omega^2 l^2}}{\frac{p}{2} \omega^2 N^2 \frac{\omega_2 l}{r^2 + \omega^2 l^2} + \frac{p}{2} \omega^2 N^2 \frac{\cos^2 \varphi}{r}}$$

d'où :

$$\eta = \frac{\omega_2}{\omega_2 + \frac{r}{l}},$$

Car on sait que *(page 195)* :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega l}{r},$$

donc :

$$\cos^2 \varphi = \frac{r^2}{r^2 + \omega^2 l^2}.$$

On voit donc que, quelle que soit la vitesse ω_2 de l'induit, le rendement η sera d'autant meilleur que r sera plus faible et l plus élevé.

D'un autre côté, plus ω_2 augmentera, plus η tendra vers 1 ; seulement il faut remarquer que la puissance développée est maxima pour $\omega_2 = \omega_1 - \omega_m$ *(page 194)* et qu'au delà de cette valeur de ω_2, la puissance développée diminue pour devenir nulle quand $\omega_2 = \omega_1$ (cas du moteur tournant à vide).

Pour obtenir une bonne utilisation spécifique des matériaux employés dans la construction de la machine, il faudra donc adopter pour la vitesse normale de marche une valeur voisine de $\omega_2 = \omega_1 - \omega$. Ceci suppose que l'on a étudié ou tracé la courbe de la fonction de ω :

$$\frac{\omega^2(\omega_1 - \omega)}{r^2 + \omega^2 l^2} \qquad \textit{(Page 195)}$$

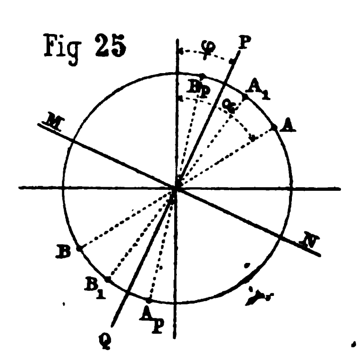
afin de voir si elle varie très rapidement ou non dans le voisinage de $\omega = \omega_m$.

Cette étude ne peut pas être faite d'une façon générale ; elle dépend des valeurs de ω_1, r et l.

En tout cas, ceci montre qu'on ne saurait *a priori* admettre pour ω_2 une valeur voisine de ω_1 ; car s'il est vrai qu'on arrive ainsi à avoir un très bon rendement électrique, on doit craindre d'être aussi conduit à des machines ne développant qu'une faible partie de leur puissance, ce qui élèverait le prix de construction de l'unité de puissance dans la même proportion.

Calcul du coefficient de self-induction d'une spire de l'induit *(e)*.

Le flux magnétique produit par les courants induits dans les spires est toujours normal au plan PQ, faisant l'angle φ avec la direction du champ tournant (au même moment).



En effet, décomposons le flux dû à chaque spire suivant une direction normale à PQ, et une autre normale à MN, et prenons les sommes de ces composantes.

Nous aurons :

$$\sum \text{composantes normales à MN} = \frac{1}{\mathcal{R}} \cdot 4\pi \cdot \frac{\omega N}{r} \cos\varphi \sum_{\alpha=\varphi}^{\alpha=\varphi+\pi} \cos(\alpha - \varphi) \sin(\alpha - \varphi)$$

Car on sait que pour une spire quelconque :

$$i = \frac{\omega N}{r} \cdot \cos\varphi \cdot \cos(\alpha - \varphi) \qquad \textit{(Page 199)}.$$

et nous posons $\mathfrak{R}$ = résistance magnétique de tout le circuit magnétique.

Donc $\sum$ composantes normales à MN = 0.

De même :

$$\sum \begin{matrix}\text{composantes normales} \\ \text{à PQ}\end{matrix} = \frac{1}{\mathfrak{R}} \cdot 4\pi \cdot \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \sum_{\alpha=\varphi}^{\alpha=\varphi+\pi} \cos^2(\alpha - \varphi)$$

$$\sum \text{composantes normales à PQ} = \frac{1}{\mathfrak{R}} \, 2\pi p \, \frac{\omega N}{r} \cos \varphi$$

(puisqu'il y a p spires).

C'est la valeur du flux produit par les p spires ; et le flux est normal à PQ. Donc le flux qui traverse une spire quelconque est :

$$\frac{1}{\mathfrak{R}} \, 2\pi p \, \frac{\omega N}{r} \cos \varphi \cos (\alpha - \varphi) = li,$$

d'où :

$$l = \frac{2\pi p}{\mathfrak{R}}.$$

Calcul d'un moteur.

Quand on cherche à calculer d'une façon théoriquement exacte et complète les éléments d'une machine électrique, devant produire un résultat donné, on se heurte à plusieurs indéterminations. Pour les lever il faut se donner des valeurs arbitraires pour le rendement, l'induction spécifique, etc. ; il faut fixer la nature du courant qui devra faire fonctionner la machine, et enfin adopter en principe un certain type de machine.

Il est donc complètement impossible de faire un pareil calcul dans toute sa généralité.

Ce qui précède est vrai dans l'étude d'une machine électrique quelconque ; seulement quand on doit établir une machine d'un genre bien connu et industriellement courant, on a en main une foule de renseignements pratiques, qui viennent guider dans le choix des valeurs à attribuer aux indéterminées. De sorte que si on n'exagère pas, à la fois, le rendement et l'utilisation spécifique des matériaux, on est sûr que la machine une fois construite fonctionnera bien comme on l'aura prévu.

Dans le cas actuel, à cause du petit nombre de moteurs à courants polyphasés construits jusqu'à ce jour, il y a fort peu de renseignements sur les valeurs à choisir pour arriver à des conditions de fonctionnement satisfaisantes. Nous pourrions bien procéder par comparaison avec les moteurs à courants continus ou alternatif (synchrones) déjà existants, et avec les transformateurs à courants alternatifs ; sans toutefois perdre de vue les conditions que l'étude théorique nous a fait prévoir devoir être les meilleures.

Nous penserions sortir du cadre de ce travail en nous lançant dans des considérations de cette nature. En effet, si ce genre de spéculations est incontestablement fort intéressant, il demande comme complément immédiat toute une série d'essais pratiques; alors seulement on peut voir si les comparaisons faites sont légitimes et on peut conclure pratiquement sur les valeurs à donner aux différents éléments.

A ce point de vue le compte rendu exact, et surtout complet, des conditions de fonctionnement d'un moteur à courants polyphasés (même imparfait et n'ayant pas réalisé les espérances de son constructeur) est aujourd'hui du plus grand intérêt. Malheureusement ces renseignements sont fort difficiles à obtenir.

Pour conclure, nous allons seulement indiquer une marche que l'on peut suivre. Mais nous prévenons que les valeurs adoptées, tout en nous semblant acceptables, sont loin d'être sanctionnées par une pratique suffisante.

Soit A la puissance disponible que l'on désire avoir.

ω_1 la vitesse angulaire du champ tournant. (Nous supposons notre machine du type bipolaire.)

Ecrivons que la puissance disponible est égale à la puissance développée multipliée par le rendement (relatif à l'induit).

Les pertes se divisent en :

Pertes électriques dans l'induit (Rendement η).

Pertes magnétiques (Hystérésis et courants de Foucault).

Pertes par frottements mécaniques.

Ainsi que nous le disions *(page 198)* les pertes magnétiques ne sont pas calculables *a priori*. Nous pouvons néanmoins leur attribuer une valeur supérieure à celle qui semble résulter des expériences pratiques, quitte à vérifier ultérieurement que la perte réelle est inférieure à cette limite. En procédant de la sorte nous attribuons à l'ensemble des pertes magnétiques et mécaniques une valeur de 5 0/0. En appelant k ce rendement : $k = 0{,}95$.

Il faut donc que:

$$\omega_2 G \times \eta \times k = A.$$

$$\frac{p}{2}\,\frac{\omega_2\omega^2 N^2 l}{\omega^2 l^2 + r^2} = \frac{A}{\eta . k}$$

ou bien

$$\frac{p}{2}\cdot\frac{\omega_2 N}{l}\cdot\frac{\omega^2 l^2}{\omega^2 l^2 + r^2} = \frac{A}{\eta . k}. \qquad (1)$$

Dans cette équation, A nous est donné ; nous devrons adopter pour η et k des valeurs admissibles.

De plus, pour η on a :

$$\eta = \frac{\omega_2 l}{\omega_2 l + r}, \qquad \textit{(Page 199)}$$

d'où

$$\frac{r}{l} = \frac{\omega_2(1 - \eta)}{\eta}.$$

Il faut aussi supposer que ω_2 est connu, c'est la vitesse que l'induit doit avoir. Nous avons vu (page 200), les considérations qui doivent servir à la fixer.

Alors on a

$$\omega \;(\omega = \omega_1 - \omega_2).$$

Le dernier terme du premier membre de l'équation (1) est donc connu ; appelons-le m :

$$m = \frac{\omega^2}{\omega^2 + \frac{r^2}{l^2}}.$$

L'équation (1) devient :

$$\frac{A}{\eta . k} = \frac{p}{2}\cdot\frac{\omega_2 N^2}{l}\cdot m \qquad (2)$$

Nous allons y remplacer $\frac{p}{l}$ et N par leurs valeurs en fonction des dimensions de la machine et en déduire ces dimensions.

Pour cela, évaluons la résistance magnétique de la machine $(\mathfrak{R})$.

Soient :

y le rayon de l'induit ;
z sa longueur suivant l'axe ;
x son épaisseur suivant un rayon ;
δ l'entrefer.

Comme on le voit sur la figure, nous supposons les enroulements placés dans des trous percés parallèlement à l'axe, ce qui permet de réduire l'entrefer et la résistance magnétique.

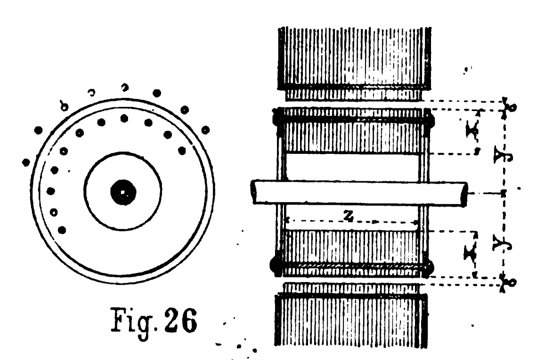


Fig. 26

La résistance magnétique de l'entrefer proprement dit est :

$$\frac{2\delta}{\pi y z}.$$

Si les trous sont percés dans le fer, à une distance les uns des autres égale à leur diamètre, l'augmentation de résistance magnétique qui en résulte peut être évaluée égale à celle de l'entrefer proprement dit; ce qui fait :

$$\frac{4\delta}{\pi y z}.$$

Admettons maintenant que, comme dans d'autres machines, la résistance totale $\mathfrak{R} = 1{,}25$ environ de celle de l'entrefer, et nous arrivons à :

$$\mathfrak{R} = \frac{5\delta}{\pi y z}.$$

Or, on sait que *(page 201)* :

$$l = \frac{2\pi p}{\mathfrak{R}},$$

d'où

$$\frac{2p}{l} = \frac{5\delta}{\pi^2 y z} = 0{,}5\,066\,\frac{\delta}{y z}. \qquad (3)$$

Soit $\mathfrak{B}$ l'induction spécifique dans l'induit, on a :

$$N = 2 \times 0{,}8 x z . \mathfrak{B} \qquad (4)$$

Le coefficient 0,8 provient de ce que nous avons un induit en feuilles de tôle isolées les unes des autres. Il tient compte de l'épaisseur de l'isolant qui réduit le volume du fer à 0,8 du volume total.

En portant les valeurs (3) et (4) dans (2) il vient :

$$\frac{A}{\eta . k} = \frac{5\delta}{4\pi^2} . m . \omega_2 . (1{,}6\mathfrak{B})^2 \frac{x^2 z}{y} \qquad (5)$$

On admettra pour δ une très faible valeur (2 *mm* par exemple), car la surface extérieure de l'induit peut être tournée et centrée très exactement puisqu'elle ne porte pas d'enroulement.

Pour $\mathfrak{B}$ nous avons vu qu'on pouvait lui donner dans l'induit une valeur relativement élevée; par exemple on prendra :

$$\mathfrak{B} = 10000.$$ *(Page 199).*

L'équation (5) nous donnera donc la valeur de :

$$\frac{x^2 z}{y}.$$

C'est en réalité la section de l'induit par un plan passant par son axe. Mais l'indétermination est complète au point de vue de sa forme. On la déterminera par des considérations pratiques telles que :

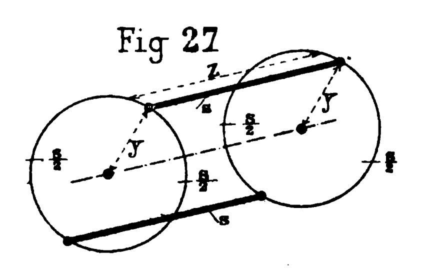
Surface de refroidissement nécessaire pour que la température de l'induit ne s'élève pas trop.

Vitesse linéaire maxima admise à la circonférence de l'induit (en remarquant qu'ici cette condition n'est pas très impérative, car la construction de l'induit est telle qu'il n'y a jamais à craindre pour l'enroulement).

L'expérience acquise sera très utile pour fixer cette forme, et il sera prudent de rester dans des proportions voisines de celles de machines ayant donné de bons résultats.

Quoi qu'il en soit, on arrête les dimensions de l'induit, soit en forme d'anneau, soit en forme de cylindre (cas où $x = y$).

Afin d'avoir dans l'inducteur une induction spécifique plus faible (ainsi que nous avons vu que cela était désirable), on pourra lui donner une section égale à 1,50 celle de l'induit *(page 199).*



Dès lors on peut tracer la machine.

On calcule ensuite exactement la valeur de $\mathfrak{R}$ et on vérifie que celle précédemment adoptée *(page 204)* n'est pas trop faible.

Il faut maintenant déterminer les dimensions de l'enroulement de l'induit.

Nous supposons que l'on a adopté l'enroulement dit « en lanterne ». Nous considérons une spire comme formée de deux barres de longueur z et de section s, et de deux cercles de diamètre $2y$ et de section $1/2$ de s, pris dans la masse des deux cercles de cuivre auxquels toutes les barres aboutissent. (La section de ces deux cercles sera donc pour chacun d'eux : $\frac{ps}{2}$.)

La valeur de la résistance r de la spire est donc :

$$r = 2\frac{z}{s}\rho + 2 \times \frac{1}{2}\frac{\pi y}{\frac{s}{2}}\rho = \frac{2\rho}{s}(z + \pi y) \qquad (6)$$

ρ étant la résistance spécifique du cuivre employé à la température normale du marché.

Or, nous savons que :

$$\frac{r}{l} = \frac{\omega_2(1 - y)}{\eta}$$

et que

$$l = \frac{2\pi p}{\mathfrak{R}}. \qquad \textit{(Pages 201 et 203).}$$

En combinant ces deux équations avec (6), il vient :

$$\frac{2\rho}{s}(2 + \pi y) = \frac{\omega_2(1 - \eta)}{\eta}\frac{2\pi p}{\mathfrak{R}},$$

d'où

$$ps = \rho\frac{\mathfrak{R}}{\pi}.(z + \pi y).\frac{\eta}{\omega_2(1 - \eta)}.$$

On se donne p et on en tire s, quitte à modifier p si la valeur trouvée pour s paraît inadmissible pour les dimensions de l'induit.

Excitation du système inducteur

(Dans le cas des courants triphasés).

En appelant N_1, N_2 et N_3 les trois flux de force produits par les trois enroulements au moment t, on a :

$$N_1 = N_0 \sin(\omega_1 t)$$
$$N_2 = N_0 \sin\left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3}\right)$$
$$N_3 = N_0 \sin\left(\omega_1 t + \frac{4\pi}{3}\right),$$

N_0 étant le flux produit par l'intensité I ($i_1 = I \sin \omega_1 t$... etc.), circulant dans un des enroulements ; et nous avons vu que :

$$N = \frac{3}{2} N_0$$

N est le flux résultant de N_1, N_2 et N_3 *(pages 184 et 194)*.

Admettons que l'enroulement soit disposé comme sur la figure ci-contre, et qu'il y ait q spires sur chacune des trois bobines.

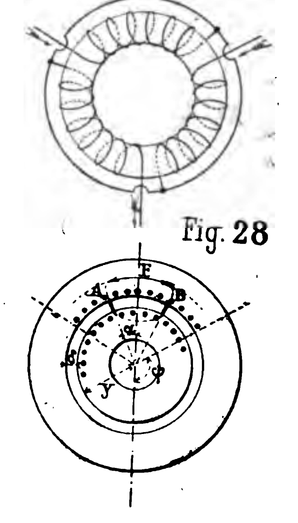


Fig. 28

Soit F la force magnéto-motrice totale due à une bobine ; la force magnéto-motrice entre les deux tranches A et B sera :

$$\mathfrak{F} \frac{2\alpha}{\psi},$$

et le flux qui traverse ces deux tranches est :

$$dN = \mathfrak{F} \frac{2\alpha}{\psi} \cdot \frac{yzd\alpha}{2\delta}.$$

En ne tenant compte que de la résistance de l'entrefer proprement dit, d'où :

$$N = \mathfrak{F} \frac{\psi yz}{8\delta}$$

Or, on a :

$$\mathfrak{R} \frac{\mathfrak{F}}{N}$$

d'où :

$$\mathfrak{R}_{\text{entrefer}} = \frac{8\delta}{\psi yz}$$

Si, comme nous l'avons indiqué sur la figure, les enroulements sont placés dans des trous percés dans le fer de l'induit et de l'inducteur, il faut doubler la valeur de $\mathfrak{R}$ pour tenir compte de l'espace occupé par le cuivre. Il faudra, de plus, multiplier cette

résistance par 1,25 (par approximation), pour avoir la résistance totale ; d'où :

$$\mathfrak{R} = \frac{20\delta}{\psi y z}.$$

Or,

$$\psi = \frac{2\pi}{3}$$

d'où :

$$\mathfrak{R} = \frac{30.\delta}{\pi y z}.$$

Or, on connaît la formule générale :

$$N = \frac{4\pi q i}{\mathfrak{R}}.$$

Nous aurons donc dans l'espèce pour une bobine :

$$N_0 = \frac{4\pi q I}{\mathfrak{R}} = \frac{4\pi q I \pi y z}{30\delta}$$

et comme

$$N = \frac{3}{2} N_0$$

$$N = \frac{\pi^2 y z}{5\delta} q I.$$

Dans cette formule, N est le flux résultant des trois enroulements du système inducteur; nous avons vu que l'on a :

$$N = 1{,}6 \mathfrak{B} x z$$ *(Page 204)*

et l'on s'est donné $\mathfrak{B}$.

L'équation de la page précédente devient donc :

$$1{,}6 x z \mathfrak{B} = \frac{\pi^2 y z}{5\delta} q I$$

$$q I = 1{,}6 \mathfrak{B} \frac{5\delta x}{\pi^2 y} = 0{,}8105 \mathfrak{B} \delta \frac{x}{y}.$$

Ici encore il y a indétermination, le calcul ne donnant, ainsi que l'on devait s'y attendre, que le nombre d'ampères-tours nécessaire à l'excitation.

q est le nombre de spires d'une des trois bobines, et I l'intensité maxima du courant alternatif qui y circule.

Pour sortir de cette indétermination, on conduit les opérations comme dans le cas des autres machines. On se donne par exemple I, on en tire q, et la section de l'enroulement ; puis

on vérifie que les surfaces de refroidissement sont suffisantes et que l'intensité ne dépasse pas une valeur convenable par unité de section. Dans le cas contraire, on choisit une autre valeur pour I. La différence maxima de potentiel entre deux des conducteurs guidera au point de vue du choix de I.

Coefficient de self-induction du circuit excitateur

Si i est le courant circulant au moment considéré, dans la bobine, le flux produit par une spire A est :

$$\frac{4\pi i}{\mathfrak{R}}.$$

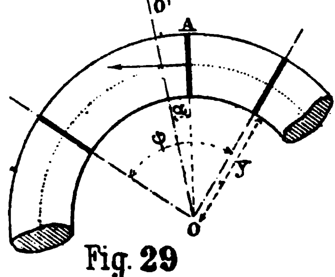


Fig. 29

Tous les flux produits par les q spires de la bobine sont dirigés dans le même sens, mais sont tangents à une circonférence. On voit facilement que leur résultante est normale à OO′ et égale à :

$$\frac{4\pi i}{\mathfrak{R}} q \times \text{valeur moyenne} \begin{cases} \alpha = +\frac{\pi}{3} \\ \cos\alpha \\ \alpha = -\frac{\pi}{3} \end{cases}$$

c'est-à-dire :

$$\frac{4\pi q i}{\mathfrak{R}} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{3}}{\frac{\pi}{3}}.$$

C'est là le flux qui traverse chaque spire en particulier; le coefficient de self-induction est donc, pour toute la bobine :

$$\lambda = q \cdot \frac{12 \cdot q}{\mathfrak{R}} \sin\frac{\pi}{3}.$$

Nous avons vu *(page 208)* que l'on a :

$$\mathfrak{R} = \frac{30\delta}{\pi y z},$$

d'où :

$$\lambda = \frac{\sqrt{3}}{5} q^2 \frac{\pi y z}{\delta} = 1{,}089\, q^2 \frac{yz}{\delta}.$$

TRANSFORMATION DES COURANTS ALTERNATIFS POLYPHASÉS EN COURANTS CONTINUS

Si un induit de machine à courant continu reçoit des courants alternatifs décalés (par exemple il recevra des courants triphasés par trois points de son enroulement placés à 120° les uns des autres), il se produit, ainsi que nous l'avons vu, un champ magnétique tournant. Si donc on place cet induit dans un champ magnétique constant NS produit par un moyeu quelconque; l'induit se mettra à tourner à raison de 1 tour par période.

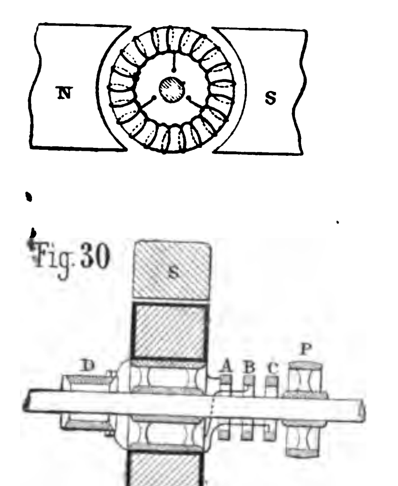


Fig. 30

On conçoit que si sur le même arbre et dans le même champ NS, on place un induit de machine à courant continu, on recueillera un courant continu aux balais de ce deuxième induit.

On peut aussi placer les deux enroulements sur le même induit; bien plus, il est possible de n'avoir qu'un seul enroulement disposé comme sur la figure (Dolivo Dobrowolski).

L'induit est placé entre les deux pièces polaires NS. Il est couvert d'un enroulement ordinaire de machine à courant continu, dont les sections sont reliées au commutateur D de la façon usuelle. De plus 3 points à 120° de l'enroulement communiquent avec les 3 bagues A, B et C. P est la poulie..

L'appareil ainsi constitué est fort intéressant, il y a six manières de s'en servir :

1° Comme moteur à courant continu.

2° Comme moteur synchrone à courants triphasés.

3° Comme dynamo à courant continu.

4° Comme dynamo à courants triphasés.

5° Comme transformateur de courant continu en courants triphasés.

6° Comme transformateur de courants triphasés en courant continu.

Nous n'envisagerons ici que cette dernière transformation.

Il est évident qu'en se servant d'un seul enroulement, ou de deux enroulements placés sur le même induit, le rendement de la machine est bien meilleur que lorsque l'on emploie deux induits sur le même arbre. En effet, dans les deux premiers cas l'induction mutuelle des deux circuits utilise la self-induction. L'emploi des deux enroulements permet de modifier la tension dans un rapport quelconque, tandis qu'avec un seul enroulement le rapport est constant.

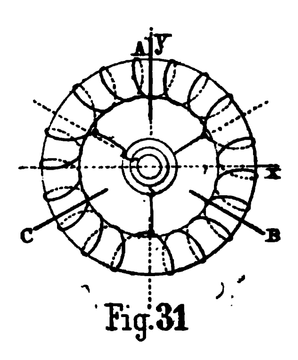


Fig. 31

Dans ce qui suit nous allons considérer des courants triphasés circulant dans l'enroulement d'un anneau divisé en trois sections de 120° ; la même manière de raisonner peut aussi bien s'appliquer au cas d'un champ tournant produit par un nombre quelconque de courants décalés, ou par l'emploi d'un quelconque des dispositifs que nous avons indiqués *(pages 181 et suivantes)*.

Soit P le nombre total des spires ; les projections des courants traversant les spires d'une des trois sections sur le plan médian de cette section ont pour somme :

$$\frac{P}{3} i_1 \sin \frac{\pi}{3} \cdot \frac{3}{\pi} \cdot$$

(car la valeur moyenne du cosinus depuis $-\frac{\pi}{3}$ à $+\frac{\pi}{3}$ est $\sin \frac{\pi}{3} \cdot \frac{3}{\pi}$).

Or, au moment t considéré on a :

$$i_1 = I \sin \omega_1 t.$$

I étant l'intensité maxima que le courant peut prendre dans la section,

et
$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1},$$

T_1 = la période des courants alternatifs.

On peut donc remplacer les trois sections par trois spires uniques A B et C placées en leurs plans médians et parcourues par les courants :

A $\qquad \frac{P}{\pi} I \sin \frac{\pi}{3} \sin (\omega_1 t),$

B $\qquad \frac{P}{\pi} I \sin \frac{\pi}{3} \sin (\omega_1 t + \frac{2}{3} \pi),$

C $\qquad \frac{P}{\pi} I \sin \frac{\pi}{3} \sin (\omega_1 t + \frac{4}{3} \pi).$

En projetant ces trois courants sur deux plans rectangulaires oy (passant par A) et ox, nous aurons :

$$y_1 = \frac{P}{\pi} I \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \omega_1 t \qquad x_1 = 0$$

$$y_2 = \frac{P}{\pi} I \frac{\sqrt{3}}{2} \sin (\omega_1 t + \frac{2}{3} \pi) \cos \frac{2}{3} \pi \qquad x_2 = \frac{P}{\pi} I \frac{\sqrt{3}}{2} \sin (\omega_1 t + \frac{2}{3} \pi) \sin \frac{2}{3} \pi$$

$$y_3 = \frac{P}{\pi} I \frac{\sqrt{3}}{2} \sin (\omega_1 t + \frac{4}{3} \pi) \cos \frac{4}{3} \pi \qquad x_3 = \frac{P}{\pi} I \frac{\sqrt{3}}{2} \sin (\omega_1 t + \frac{4}{3} \pi) \sin \frac{4}{3} \pi.$$

Les résultantes de ces projections sont :

$$y = \frac{3\sqrt{3}}{4} \frac{P}{\pi} I \sin \omega_1 t \quad \text{et} \quad x = \frac{3\sqrt{3}}{4} \frac{P}{\pi} I \cos \omega_1 t.$$

On voit donc que le système considéré est équivalent, au point

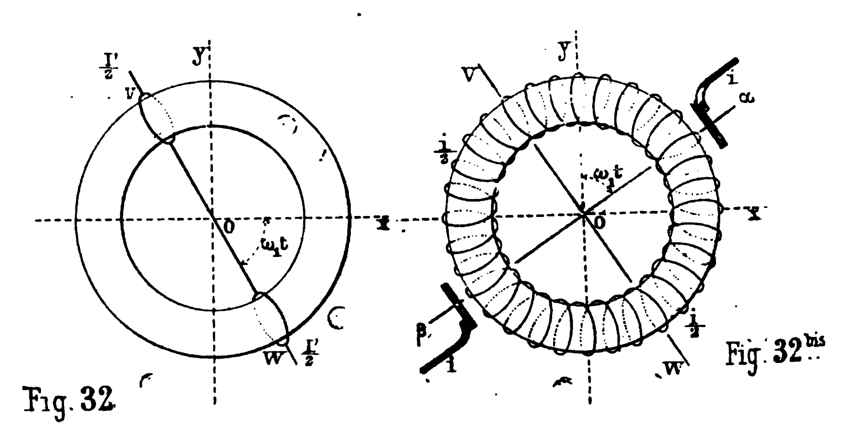


Fig. 32

Fig. 32 bis

de vue du flux magnétique produit, à deux spires V et W, faisant

l'angle $\omega_1 t$ avec ox et parcourues chacune par un courant $\frac{I'}{2}$ donné par la relation :

$$\frac{I'}{2} = \frac{3\sqrt{3}}{4}\frac{P}{\pi}I.$$

De même il est facile de voir que ces deux spires V et W peuvent être remplacées par un système de Q spires disposées sur tout l'anneau et parcourues par un courant continu, convenablement distribué ; c'est-à-dire arrivant par un commutateur ordinaire dont les balais (α et β) font à chaque instant l'angle $\omega_1 t$ avec oy.

En effet, en projetant les $\frac{Q}{2}$ spires de la moitié droite sur le plan de V et W, et en les supposant parcourues par le courant $\frac{i}{2}$, la somme de leurs projections est :

$$\frac{i}{2}\cdot\frac{Q}{2}\cdot \text{ Valeur moyenne du } \underset{-\frac{\pi}{2}}{\overset{+\frac{\pi}{2}}{\text{cosinus}}} = \frac{i}{2}\cdot\frac{Q}{2}\cdot\frac{2}{\pi} = \frac{1}{2}\frac{iQ}{\pi}.$$

Pour que cette moitié des spires soit équivalente à la spire W il faut donc que :

$$\frac{iQ}{2\pi} = \frac{I'}{2} = \frac{3\sqrt{3}}{4}\frac{P}{\pi}I$$

$$i = \frac{3}{2}\sqrt{3}\frac{P}{Q}\cdot I$$

et que les balais fassent l'angle $\omega_1 t$ avec oy. Dans ces conditions, la moitié gauche de l'anneau est équivalente à la spire V, et alors l'ensemble de Q spires peut bien remplacer les deux spires V et W.

Dans la transformation dont nous avons parlé tout à l'heure (*page 211*), le champ triphasé tournant étant placé dans un champ magnétique constant (NS) se trouve fixé dans l'espace et c'est l'induit qui tourne synchroniquement avec la période des courants alternatifs employés $\left(\omega_1 = \frac{2\pi}{T}\right)$. Dans ce cas, les balais qui recueillent le courant continu sont fixes.

Si k est le rendement de l'anneau, le courant continu aura une intensité :

$$y = ki = k\frac{3}{2}\sqrt{3}\frac{P}{Q}I.$$

La force électromotrice correspondante sera donnée par la relation :

$$E = n_1 . Q . N.$$

N = flux de force total passant d'un pôle à l'autre.

n_1 = nombre de tours par seconde ; si le champ tournant est bipolaire, ainsi que nous l'avons supposé jusqu'ici, on aura :

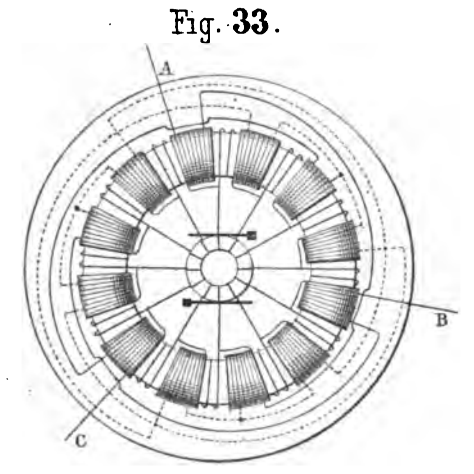
$$\omega_1 = 2\pi n_1.$$

La puissance développée est :

$$Ey = k . n_1 N \cdot \frac{3}{2}\sqrt{3} \cdot PI.$$

Il est à remarquer que N dépend à la fois de l'intensité du champ NS et de celle du champ dû aux courants triphasés.

Fig. 33.



Il est évident qu'on peut supprimer le champ extérieur NS, et seulement offrir, à chaque instant, au flux du champ tournant un circuit magnétique au travers duquel il puisse se fermer.

Dans le dispositif ci-contre, le circuit magnétique est complété par un anneau extérieur à l'induit. De la sorte, le flux trouve à chaque instant un chemin pour se fermer. L'ensemble est fixe. Seuls les balais tournent avec une vitesse synchrone de celle du champ tournant.

C'est, croyons-nous, MM. Hutin et Leblanc qui ont les premiers décrit une machine de ce genre.

La rotation des balais peut être facilement obtenue à l'aide d'un petit moteur alternatif synchrone.

Tous les enroulements précédemment décrits, permettant d'obtenir un champ tournant (bipolaire), peuvent être employés. Dans la figure ci-dessus nous avons supposé l'emploi de l'enroulement à douze bobines indiqué page 181.

Enfin, tout dernièrement MM. Hutin et Leblanc ont imaginé un appareil, le « Panchahuteur », dont nous allons décrire rapidement le principe et le fonctionnement en renvoyant pour plus de détails à l'intéressant article de M. F. Guilbert (1).

Considérons un circuit magnétique fermé sur lequel sont enroulées P spires parcourues par un courant alternatif, de période T, son intensité sera, au moment t,

$$i = I \sin \frac{2\pi}{T} t,$$

I étant l'intensité maxima. Et le nombre d'ampères-tours correspondant sera :

$$Pi = PI \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

On peut former un système équivalent, à chaque instant, au point de vue magnétique et électrique, en faisant traverser à un courant d'intensité constante un nombre de spires variant en fonction de t suivant la loi $\sin \frac{2\pi}{T} t$; ou plus généralement en faisant varier à la fois le nombre des spires et l'intensité du courant de façon que leur produit suive une loi sinusoïdale du temps.

Si donc l'enroulement primaire d'un transformateur ordinaire à courant alternatif est traversé par un courant alternatif, en faisant varier le nombre des spires du secondaire suivant la loi du courant primaire, le secondaire sera traversé par un courant d'intensité constante. Mais comme l'énergie fournie est périodique, l'énergie débitée suivra la même loi ; c'est-à-dire qu'on obtiendrait ainsi un courant redressé mais non pas continu.

On conçoit qu'en combinant plusieurs de ces transformateurs, parcourus par des courants alternatifs décalés, on puisse faire en sorte que l'énergie fournie ait une valeur constante ; et alors on recueillera un courant continu.

Voici comment le principe a été pratiquement réalisé, dans le

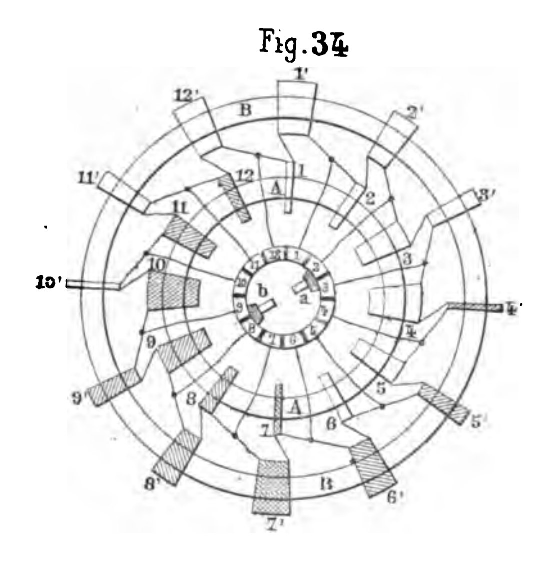
(1) *La Lumière électrique*, 1893, n° 2.

cas où l'on emploie deux courants alternatifs décalés de 1/4 de période (T):

Deux noyaux magnétiques identiques A et B portent les deux enroulements primaires, et, en outre, chacun est muni de $2n$ bobines dont voici les nombres de spires :

Noyau A $\left(i_1 = \text{I} \sin \frac{2\pi}{\text{T}} t\right.$		$\left.i_2 = \text{I} \cos \frac{2\pi}{\text{T}} t\right)$ **Noyau B**	
N^{os} DES BOBINES	NOMBRES DE SPIRES	N^{os} DES BOBINES	NOMBRES DE SPIRES
	$p \sin 2\pi\alpha$	1′	$p \cos 2\pi\alpha$
2	$p \sin 2\pi\left(\alpha + \frac{1}{2n}\right)$	2′	$p \cos 2\pi\left(\alpha + \frac{1}{2n}\right)$
.		.	
.		.	
$n + 1$	$p \sin 2\pi\left(\alpha + \frac{n}{2n}\right)$ $(= - p \sin 2\pi\alpha)$	$(n + 1)'$	$p \cos 2\pi\left(\alpha + \frac{n}{2n}\right)$
.		.	
.		.	
$2n$	$p \sin 2\pi\left(\alpha + \frac{2n-1}{2n}\right)$	$2n'$	$p \cos 2\pi\left(\alpha + \frac{2n-1}{2n}\right)$

Fig. 34



Les signes doivent s'interpréter en enroulant en sens inverse les bobines affectées de signes contraires.

On voit que deux bobines diamétralement opposées (par exemple 1 et $n + 1$) ont le même nombre de spires, mais enroulées en sens inverse.

De même une bobine quelconque de A est identique à la bobine de B portant le même numéro moins $\frac{n}{2}$, par exemple $n + 1$ et $\left(\frac{n}{2} + 1\right)'$.

Dans la figure schématique ci-dessus, nous avons supposé $n = 6$. En réalité, les deux noyaux A et B et le commutateur ne sont pas concentriques, mais peuvent être placés à une distance quelconque les uns des autres.

On voit la manière de réunir les bobines entre elles et au commutateur. Les bobines blanches sont les positives et les bobines couvertes de hachures sont les négatives.

a et *b* sont les deux balais; ils ont une largeur de contact égale à celle d'une lame et d'un isolant, de sorte que deux sections (de deux bobines chacune) sont toujours en court circuit.

Pour ne pas compliquer la figure, nous n'avons pas représenté les deux enroulements primaires.

L'ensemble de la machine et le commutateur sont fixes; les balais *a* et *b* qui recueillent le courant continu doivent tourner à raison de 1 tour par période T.

Il est facile de voir que :

La somme algébrique des spires (moins celles en court circuit) varie suivant une loi sensiblement sinusoïdale quand les balais se déplacent sur le collecteur.

Les balais partagent le circuit secondaire en deux parties ayant le même nombre de spires, mais enroulées en sens inverse; donc, ces deux moitiés ont même résistance et coefficient de self-induction, et leurs actions s'ajoutent.

En tenant compte des ampères-tours produits dans les sections en court circuit, la somme des ampères-tours est à peu près nulle; donc, toute l'énergie du système est utilisée à l'intérieur : il n'y a ni pertes extérieures, ni production d'étincelles au balai.

En fait, MM. Hutin et Leblanc ont pu développer au balai 120 volts, avec seulement 12 touches au collecteur, sans obtenir d'étincelles.

Dans le cas de courants triphasés, on peut adopter une disposition analogue avec trois noyaux magnétiques, ou bien se servir de deux noyaux seulement, portant des bobines secondaires disposées comme dans le cas de courants diphasés. Dans ce cas, chacun des trois courants primaires traverse un enroulement sur chacun des deux noyaux. Les nombres de spires de ces enroulements sont :

	COURANTS		
	$i_1 = I \sin \frac{2\pi}{T} t$	$i_2 = I \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{1}{3}\right)$	$i_3 = I \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{2}{3}\right)$
	NOMBRES DES SPIRES		
Premier noyau....	$p \sin 2\pi\alpha$	$p \sin 2\pi\left(\alpha + \frac{1}{3}\right)$	$p \sin 2\pi\left(\alpha + \frac{2}{3}\right)$
Deuxième noyau...	$p \cos 2\pi\alpha$	$p \cos 2\pi\left(\alpha + \frac{1}{3}\right)$	$p \cos 2\pi\left(\alpha + \frac{2}{3}\right)$

Dans ces conditions, le nombre d'ampères-tours sur le premier noyau sera (au moment t) :

$$Ip \frac{3}{2} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \alpha\right)$$

et sur le deuxième :

$$Ip \frac{3}{2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \alpha\right)$$

c'est-à-dire qu'ils ont même fréquence et sont décalés de 1/4 de période. On retombe donc ainsi sur un système équivalent à celui que nous avons d'abord étudié.

NOTES

SUR

LES COURANTS ALTERNATIFS POLYPHASÉS

BIBLIOGRAPHIE

R.-V. Picou : *Moteurs électriques à champ magnétique tournant.* Paris, 1892.

J. Rodet et Busquet : *Les courants polyphasés.* Lyon, 1893.

E. H. : *Electrical Review*, XXIX (1891), pages 418 et 419. Polyphased Alternate Currents.

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE :

Années.	Tomes.	Pages.	
1888	29		Tesla (N° 28.)
1890	35	136	— *Moteur à courants alternatifs.*
—	—	462	— *Electromoteur à courants alternatifs décalés.*
—	—	455	Patten : *Distribution à courants alternatifs décalés.*
1891	39	109	Perrin : *Transformation des courants alternatifs en continus et inversement.*
—	—	212	D. Dobrowolski : *Electromoteur.*
—	—	306	Kennedy : *Electromoteur.*
—	40	201	Hutin et Leblanc : *Les courants alternatifs et leur application au transport de la force.*
—	—	171	H. Garges : *Mesure des courants rotatoires.*
—	41	7	F. Géraldy : *Essai d'une théorie simple des machines à champ magnétique tournant.*
—	—	123	Hutin et Leblanc : Mémoire lu à la Société des Ingénieurs électriciens sur l'*application des courants alternatifs à la transmission du travail.*
—	—	336	Kapp : *Transport de la force par l'électricité.*
—	41	378	Dobrowolski : *Transport de la force par les courants polyphasés.*
—	—	604	— *Détails sur la transmission par courants polyphasés.*
—	42	235	Sahulka : *Théorie du champ magnétique tournant de Ferraris.*

1891	42	563	SAHULKA et DOBROWOLSKI : *Dispositifs d'électromoteurs à champ magnétique tournant.*
—	—	527	DE BAST : *Electromoteurs à champ magnétique tournant.*
1892	43	7	LADEBOER : *Progrès de l'électricité en 1891 ;* article contenant un Historique des moteurs à champ tournant.
—	—	124	GARGES : *Recherches récentes sur les moteurs à courants alternatifs.*
—	44	435	Dr MEISSNER : *Description de la transmission Lauffen-Francfort.*
—	—	617	— *Résultats des mesures du Comité de l'Exposition de Francfort* (Transmission Lauffen-Francfort).
—	45	23	SCHUCKERT : *Moteur à champ magnétique tournant. Son emploi comme transformateur.*
—	46	179	KENNEDY : *Distribution par courants polyphasés.*
—	—	224	SAHULKA : *Les moteurs à courants alternatifs à champ tournant.*
—	—	274	LUCAS : *Transformation des courants continus en alternatifs simples ou polyphasés.*
—	—	525	WAHLSTROM : *Transformation des courants polyphasés.*
—	—	674	BAUTI : *Les machines à courants triphasés de la maison Siemens et Halske, de Berlin.*
1893	47	51	HUTIN et LEBLANC : *Transformation des courants alternatifs en courants continus.*
—	—	133	GARGES : *Débit spécifique des induits à courants continus et à courants alternatifs simples ou polyphasés.*
—	—	139	BLONDEL : *Mesure de la puissance des courants polyphasés.*

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE.

1892	1	267	*Expérience de Lauffen-Francfort.*
—	—	313	*Résultat des essais officiels.*
—	—	315	E. HOSPITALIER : *Transports d'énergie par courants alternatifs simples et polyphasés.*
—	—	483	KORDA : *Théorie d'un condensateur agissant par l'intermédiaire d'un transformateur.*
—	—	398	— *Id.* *Id.* *Id.*
—	—	374	DIHLMANN : *Distance de transmission des courants de haut potentiel.*
1893	2	12	E. H. : *Conditions de fonctionnement des moteurs à courants triphasés.*

E. HOSPITALIER : *Bulletin de la Société internationale des Electriciens.* Novembre et décembre, 1891.

Bulletin de la Société de Physique. Juillet 1891.

L'ÉLECTRICIEN (2e série).

1891	1	279	*Transmission d'Heilbronn à Francfort. Description générale.*
—	2	37	W. Rechniewski : *Distribution de l'énergie électrique.*
—	—	112	E. Hospitalier : *Classification des moteurs à courants alternatifs.*
—	—	189	Brown : *Moteurs triphasés d'Œrlikon.*
—	—	334	Kapp : *Transmission de l'énergie par l'électricité.*
—	—	365	Brown : *Moteurs triphasés d'Œrlikon.*
1892	3	21	W. Rechniewski : *Distribution de l'énergie électrique.*
—	—	4	— *Moteurs à champ tournant.*
—	—	401	— *Traitement géométrique des problèmes des courants alternatifs.*
—	—	256	— *Excitation des dynamos à courants polyphasés.*
—	—	228	Stanley-Kelly : *Alternomoteurs à condensateurs.*
—	—	252	Patten : *Obtention des courants continus par les courants alternatifs polyphasés.*
—	—	132-313	*Rendement des expériences de Lauffen-Francfort.*
—	—	416	Yorel : *Champ tournant créé par un courant continu.*
—	4	7	*Rendement de la transmission Lauffen-Francfort.*
—	—	15	*Description de la transmission Lauffen-Francfort.*
—	—	39	Dieudonné : *Transmissions existantes par courants alternatifs polyphasés.*
1893	5	21	Rechniewski : *Enroulements des machines électriques.*
—	—	197	Blondel : *Mesure des courants polyphasés.*

La précédente bibliographie s'arrête au 31 mars 1893 ; on pourra encore consulter avec fruit les articles suivants qui ont paru depuis :

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE (48e volume) (1893).

Pages.	
301 370	Jacquin : *Transport et distribution de l'énergie électrique par les courants polyphasés à Heilbronn-sur-le-Neckar.*
328	Dobrowolski : *Les moteurs à champ tournant de la Société générale d'Électricité de Berlin.*
345	Korda : *Multiplication du nombre des périodes des courants sinusoïdaux.*
366	Guilbert : *Moteurs à courants alternatifs d'Œrlikon.*
451	— *Moteurs à courants alternatifs de MM. Hutin et Leblanc.*
428	Kratzert : *Système à courants triphasés.*

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE (tome II) (1893).

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS ET MEMBRES

DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

LES GISEMENTS AURIFÈRES DE L'ITALIE

PAR

D. FEDERMAN

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ A TURIN

En Europe, l'exploitation régulière et constante des gisements aurifères est limitée à la Russie, à l'Autriche-Hongrie et quelque peu à l'Espagne et à l'Italie. Des gîtes ont été reconnus au sud des Carpathes, en Moldavie, en Serbie et en Bulgarie ; mais nous ne croyons pas qu'ils aient donné lieu à des exploitations suivies.

L'Italie, au point de vue de la production minérale en général et de l'or en particulier, mériterait d'être plus étudiée qu'elle ne l'a été jusqu'à présent. La nature semble avoir doté ce pays, et principalement la région des Alpes occidentales, de toutes les richesses minérales. On y trouve l'or en certaine quantité, l'argent, le mercure, le cuivre, le plomb, le zinc, le nickel, le cobalt, le fer. Nous citerons encore le marbre, le soufre, le lignite, l'anthracite, la tourbe.

Le mont Rose, dans les Alpes occidentales, où les minerais d'or dominent, surtout dans les vallées de l'Ossola et de la Sesia, est formé en partie de roches granitiques stratifiées (gneiss et micaschistes), de schistes chloriteux et de serpentine. Ces roches vertes constituent presque entièrement les parois des vallées qui descendent vers le sud et le sud-ouest, tandis que les vallées qui s'étendent vers le sud-est, l'est et le nord-est mettent à découvert les roches granitiques.

La vallée d'Ossola est baignée par la Toce, qui reçoit de nombreux affluents depuis sa source, aux confins suisses, jusqu'à son entrée dans le lac Majeur, près de Pallanza. Parmi ces affluents est l'Anza, lequel traverse la plupart des filons de cette région. L'état de dénudation du sol dans cette contrée abrupte, où les masses éruptives apparaissent à la surface, permet de reconnaître très facilement l'existence des minerais. La vallée de la Sésia a pris le nom du cours d'eau qui la traverse dans toute sa longueur. Ces deux vallées sont les centres dans lesquels, depuis les temps les plus reculés, on a constamment exploité les gisements aurifères. Tous les torrents qui descendent des Alpes et se jettent dans la Toce et dans la Sesia charrient de l'or en quantité parfois appréciable; mais jamais on n'y a tenté de lavages sérieux. Et pourtant, un point tout indiqué serait l'endroit où la Toce tombe dans le lac Majeur.

Une entreprise travaille depuis quelques années dans le Tessin, à sa sortie du lac Majeur, où des essais ont donné jusqu'à 1 *g* d'or par mètre cube. Cependant, aucun gisement aurifère n'a été constaté aux abords de cette rivière ou de ses affluents, au-dessous du lac Majeur. Certains géologues prétendent que la présence de l'or dans les cours d'eau qui alimentent le Pô, depuis sa source jusqu'au Tessin, ne saurait être attribuée aux transports naturels des minerais des Alpes. L'or, selon eux, existait déjà dispersé dans les terrains diluviens et aurait été mis au jour par l'érosion même des eaux de ces torrents. Il existerait, dans toute la plaine diluvienne du Piémont, un vaste terrain aurifère à une certaine profondeur, qui n'attendrait qu'à être découvert.

Cette hypothèse est discutable: mais nous avons fait la remarque que, si l'on tire une ligne N.-S. ayant précisément la direction des filons du mont Rose, partant de cette montagne et allant vers Gênes, on rencontre dans les Apennins des gisements aurifères avec direction identique et même inclinaison que ceux des Alpes occidentales. Ces gisements se trouvent dans le groupe de montagnes entre le Gorzente, la Piotta et la Stura. En descendant encore vers la mer, on a, à Sestri, des minerais de cuivre aurifères.

Selon nous, la présence de l'or dans le Tessin, au-dessous du lac Majeur, et dans les cours d'eau qui se jettent dans le Pò, depuis Saluces jusqu'à Pavie, aurait une autre cause. En effet, les blocs erratiques qui se rencontrent à des distances assez considérables des Alpes, prouvent assez clairement que ces blocs

ont été transportés par des glaces flottantes à la surface des lacs, et qu'à la suite de débâcles ils ont été portés sur les dépôts diluviens qui forment le plateau faiblement incliné du Piémont.

Les eaux, s'accumulant dans les dépressions, se sont étagées sur tous les flancs de soulèvement ; puis, lorsque l'érosion et la pression ont rompu leurs digues, ces eaux se sont ruées en emportant les roches placées sur leur passage.

Après avoir agi sur les roches contenant des minerais métallifères, ces courants ont effectué de véritables lavages. Les métaux précieux comme l'or et le platine qui, par leur malléabilité et leur ténacité, ont résisté à des frottements considérables, sans être anéantis comme tant d'autres minéraux, se retrouvent aujourd'hui à l'état presque pur, ainsi que cela s'est vu en Californie et dans l'Oural.

Une notice statistique sur l'industrie minérale des États Sardes, publiée en 1858, donne le poids et la valeur de l'or pêché dans l'Orco, la Dora Baltea, l'Elvo, la Sesia, le Tessin et le Pô, et vendu à la Monnaie de Turin. La moyenne annuelle des achats de la Monnaie sarde pendant quatorze années, de 1844 à 1857, a été de 3 742 *g* pour une somme de 11 384 *f*. L'analyse de ces paillettes et de la poudre d'or a donné :

Or	92, »
Argent	4,52
Matières étrangères	3,48
	100, »

Il est à remarquer que ces produits ne provenaient que de la seule vallée du Pô, et que dans les chiffres des acquisitions de la Monnaie de Turin ne figurent pas les ventes faites par les paysans aux orfèvres. Quiconque a vécu dans les pays où les habitants se livrent aux lavages des sables, sait que ceux-ci ne vont pas à la ville vendre leurs produits, mais à leur chef-lieu de canton, surtout il y a une cinquantaine d'années où les moyens de transport étaient rares dans ces districts. On ne serait donc pas taxé d'exagération en évaluant les achats de la Monnaie Sarde au cinquième de la production totale. Il faut encore ajouter qu'il ne s'agissait que de l'or recueilli par le moyen tout primitif de la batée et pour ainsi dire à la surface.

Au mont Rose, les gisements constituent une série de systèmes parallèles assez réguliers, encaissés dans les micaschistes passant

ordinairement au gneiss. C'est ainsi qu'on les trouve le plus souvent dans le val Toppa, le val Anzasca, le val Antrona. Ces gisements contiennent, en général, l'or disséminé en particules très ténues dans la pyrite de fer, spécialement dans la pyrite massive, granulaire, ou confusément cristalline, presque toujours argentifère. Il y a même des cas où l'argent est allié à l'or en très fortes proportions. Cette pyrite se trouve dans une gangue quartzeuse et accompagnée parfois de veinules de mispickel. L'or y est à l'état libre, associé mécaniquement en poudre microscopique au sulfure. Le traitement des minerais est donc des plus simples, comme nous le verrons plus loin.

Les filons ont pour la plupart une direction N.-S. avec tendance plus ou moins prononcée à O. Leur inclinaison est de 50 à 80° E. et leur puissance varie de quelques centimètres à 2 *m*.

Il n'existe véritablement qu'une seule exploitation sérieuse dans l'Ossola, ou mieux dans le val Anzasca, à Pestarena. La Compagnie anglaise qui exploite quelques filons de cette région produit annuellement de 5 à 600 000 *f* d'or. Le procédé employé consiste dans la trituration du minerai sur le mercure. Après un premier scheidage à la sortie du concasseur, le minerai est finement pulvérisé, puis on y ajoute une certaine quantité de chaux vive. Il est ensuite porté aux moulins pour y subir, au contact de l'eau, une complète désagrégation avant d'y ajouter le mercure destiné à absorber l'or libéré. Ces moulins, ou plutôt ces arrastras, sont de grandes auges en gneiss dans lesquelles se meuvent de lourdes pierres enchaînées à des bras horizontaux. Chacun de ces moulins traite de 5 à 600 *kg* de minerai par vingt-quatre heures et rend en moyenne 80 0/0 de l'or contenu.

La Pestarena Gold Mining Company possède deux usines, l'une à Pestarena, l'autre à Fomarco dans lesquelles quarante-cinq moulins traitent un millier de tonnes de minerai par mois, avec une force hydraulique de 238 *chx* répartis en six moteurs. Le personnel de ces usines est de cent personnes, dont la moitié employée au scheidage.

Les filons exploités par la Compagnie anglaise ont été travaillés depuis des siècles ; Saussure en parle dans ses *Voyages dans les Alpes*. A l'époque où le célèbre naturaliste fit une visite à ces mines, en 1759, une exploitation régulière y existait dès 1750 et deux cents hommes se livraient à l'extraction.

On prétend, dans le pays, que les Romains avaient commencé l'extraction dans ces mêmes filons. Plusieurs galeries, où l'homme

pouvait à peine passer, sans doute par suite des poussées latérales produites par le temps, contenaient des restes de bois carbonisé, lequel avait pu servir à étonner la roche.

En effet, Pline parle de milliers d'hommes employés à l'extraction de l'or dans ces contrées, et l'on fit à cette époque une loi limitant leur nombre à cinq mille. Voici le passage de cet historien à ce sujet :

Lex censoria Ichtimulorum aurifodinæ vercellensi agro, qua cavebatur, ne plus quam quinque millibus hominum in opere publicani haberent (Pline, liv. 3, xxiv).

S'agissait-il de la vallée d'Ossola ou de celle de la Sesia ? Il est plus probable que Pline voulait parler de cette dernière, où, précisément, l'on accède de Vercelli.

Dans l'une et l'autre vallées, le sol est éminemment aurifère, et celui qui les a parcourues en essayant les minerais même par un simple lavage sur place a pu s'en convaincre bien facilement. Car il serait difficile de dire où est absente une trace quelconque d'or dans un des nombreux gisements de sulfure métallifère de ces régions.

L'abandon dans lequel se trouvent la plupart des mines en Italie, et surtout des mines d'or, provient de ce qu'elles ont été presque toujours exploitées par des personnes inexpérimentées. N'ayant pas les moindres notions de la géologie et de l'art du mineur, elles commençaient à extraire du minerai où et comme elles le trouvaient, sans souci du lendemain, croyant mettre la main sur un trésor dès le premier coup de pic. Après avoir percé des trous de-ci de-là, sans résultat immédiat, ces exploitants improvisés finirent par se lasser ou furent découragés par la perte de leurs capitaux. Ils abandonnèrent ainsi certaines concessions qui eussent peut-être enrichi des exploitations patientes et menées méthodiquement.

CHRONIQUE

N° 164

SOMMAIRE. — Locomotive à vapeurs combinées. — Les locomotives routières. — Élévateurs à grains sur le Danube. — Accouplement de moteurs à vapeur. — Emploi de rails continus sur les tramways.

Locomotive à vapeurs combinées. — Du Trembley, dont le nom occupe à juste titre une place honorable dans l'histoire des machines à vapeur, avait étudié l'application de son système à vapeurs combinées à toute espèce de machines, même aux locomotives. Cette dernière application n'a pas été réalisée par lui et nous ne croyons pas qu'elle ait grandes chances de l'être jamais, mais il nous parait intéressant d'indiquer les dispositions que proposait l'inventeur. C'est un chapitre d'un ouvrage fort rare aujourd'hui et que la bibliothèque de la Société doit à la générosité de notre excellent collègue M. J. Gaudry. Cet ouvrage est le *Manuel du conducteur des machines à vapeurs combinées*, par P.-V. Du Trembley. Lyon, 1850-1851. L'exemplaire que nous possédons a été offert par l'auteur à M. Gaudry et porte une dédicace manuscrite. Voici le passage dont il s'agit :

« Quoique l'application du système des machines à vapeurs combinées aux locomotives des chemins de fer n'ait point encore été sanctionnée par la pratique ou l'expérience, je ne doute point cependant du succès qu'on en pourra obtenir et des résultats économiques qu'amènera cette application. Les dépenses considérables que doivent entrainer des essais de ce genre les ont fait ajourner jusqu'à présent ; ces essais ne tarderont pas à être poussés vigoureusement et feront la matière d'un appendice aussitôt qu'ils auront donné lieu à une solution pratique. Voici, en attendant, les moyens nouveaux que j'ai imaginés pour atteindre le but, moyens pour lesquels M. Givord, gérant de la Société des machines à vapeur combinées, a pris en faveur de cette Société et sous son nom un brevet spécial.

Il y a deux manières d'appliquer le système des machines à vapeur combinées aux locomotives : la première consiste à faire marcher l'un des cylindres par la vapeur d'eau et l'autre par la vapeur auxiliaire, en diminuant de moitié le volume et la capacité de la chaudière et y ajoutant les appareils de condensation et de vaporisation nécessaires à l'emploi de ce système, ce qui compliquerait une machine qu'il faudrait, au contraire, simplifier.

La seconde manière, qui me parait en tous points préférable, consiste à construire de toutes pièces une locomotive mue par la vapeur auxiliaire qui serait une locomotive de renfort s'accolant à toute locomotive à vapeur d'eau et lui apportant une force gratuite. Pour donner du poids et de l'adhérence sur les rails à cette locomotive extrêmement légère, puisqu'elle n'aurait à porter que ses appareils et ses cylindres, on

la chargerait de son approvisionnement d'eau pour la condensation, approvisionnement très réduit, comme on le verra tout à l'heure. Ne consommant point de combustible, elle n'aurait pas besoin de tender. La vapeur d'échappement de la locomotive à vapeur d'eau, à laquelle elle serait accolée et par laquelle elle marcherait, serait amenée par un tube dans l'enveloppe du vaporisateur de la locomotive auxiliaire. Il sera peut-être difficile d'obtenir comme dans les machines fixes et de navigation un vide quelconque, mais il est certain qu'on aura sous la pression atmosphérique une condensation prompte et intégrale. L'eau résultant de cette condensation servira à alimenter la locomotive à vapeur d'eau et l'on connaît l'importance qu'on doit attacher à ce dernier avantage.

Les deux seules difficultés sérieuses qu'on puisse élever contre cette application et que j'ai eues à résoudre, sont : 1° la condensation prompte et parfaite de la vapeur auxiliaire avec une très petite quantité d'eau ayant une température même assez élevée, puisqu'elle est renfermée dans des caisses de fer exposées à l'action du soleil ; 2° la combustion à haute température dans la chaudière tubulaire produisant la vapeur d'eau, sans l'emploi de la vapeur d'échappement dans la cheminée pour l'accélération du tirage, puisque cette vapeur doit servir à la production de la vapeur auxiliaire.

En examinant la rapidité avec laquelle se condense la vapeur d'eau arrivant de l'échappement sur les surfaces chauffantes du vaporisateur, condensation qui n'a lieu que par la quantité considérable de chaleur que lui enlève le liquide auxiliaire par sa vaporisation, il n'est pas permis de douter que la condensation d'une vapeur par la production d'une autre vapeur ne soit plus instantanée encore que la condensation par injection ou par contact d'un liquide froid. J'ai donc pensé à employer pour condenser la vapeur auxiliaire le même moyen que j'emploie pour condenser la vapeur d'eau.

Ainsi je condense la vapeur d'eau par la production d'une autre vapeur, je condenserai cette dernière par la production de vapeur d'eau. Ceci ressemble à un paradoxe, rien n'est pourtant plus vrai et plus praticable. On sait combien la vaporisation de tous les liquides est accélérée par un courant d'air. Une expérience facile à faire est de se mouiller la main et de souffler dessus ; on s'apercevra, à la disparition du liquide et à la sensation de froid qu'on éprouve, de la vivacité de la vaporisation et de l'absorption de chaleur qu'elle occasionne. La terre est plus vite desséchée en quelques heures par un grand vent, même froid, qu'elle ne l'est en plusieurs jours par le soleil le plus ardent. Ceci fait concevoir qu'il est possible d'obtenir la prompte vaporisation de l'eau par d'autres moyens que par celui de la chaleur et sans la soumettre à l'action du feu. Néanmoins, la vaporisation d'un liquide quelconque n'a pas lieu sans l'absorption d'une quantité énorme de chaleur ; cette chaleur, il la prend à tous les corps voisins dont il abaisse nécessairement la température. Tel est le principe incontestable ; voici l'application.

J'installerai mon condenseur de vapeur auxiliaire à l'avant de la locomotive, dans la partie la plus exposée aux chocs de l'air. Il sera construit de manière à présenter aux courants d'air formés par la vitesse de la marche

la plus grande largeur possible sur la moindre profondeur, afin que les courants passent facilement à travers la ligne des tubes aplatis qui opposeront à ces courants leur côté le plus étroit. Chaque rangée de tubes, disposée à un centimètre d'intervalle, sera enveloppée d'une toile peu serrée tendue sur la surface des tubes et la couvrant tout entière. Un réservoir, alimenté par une pompe prenant l'eau au tender de la machine à vapeur d'eau ou de tout autre récipient, sera placé sur la calotte supérieure du condensateur. Ce réservoir, dans sa partie la plus antérieure, sera percé de petits trous correspondant chacun à une rangée de tubes et laissant tomber l'eau dans une gouttière placée à la partie supérieure du condensateur et occupant l'intervalle entre deux rangées de tubes. Le trop-plein de cette gouttière répandra l'eau également sur les deux faces couvertes de toiles des diverses rangées de tubes. L'air circulant librement entre ces deux toiles mouillées et échauffées par les parois du condensateur avec lesquelles elles sont en contact et dans lequel arrive la vapeur auxiliaire, donnera lieu à une vaporisation d'autant plus active que la marche de la locomotive, et par conséquent du courant d'air, sera plus accélérée. Cette production de vapeur aura pour effet une grande dépense de calorique que peuvent seules fournir les parois du condensateur, et causera nécessairement un abaissement considérable de température sur les surfaces de cet appareil, abaissement de température capable d'opérer la prompte condensation de la vapeur auxiliaire. Si l'on considère avec quelle facilité les liquides que j'ai indiqués se condensent le long des surfaces simplement exposées au contact de la température ambiante, combien on a de difficulté à les maintenir à l'état de vapeur même en enveloppant ces surfaces, on augurera bien de ces moyens. Quant à moi qui ai fait une étude patiente et minutieuse de leurs propriétés, je ne doute point d'un succès complet.

En 1844, lors de mes premiers essais, me trouvant dans un local où je ne pouvais avoir assez d'eau pour la condensation de la vapeur d'éther, j'employai des moyens à peu près semblables. J'installai un tonneau plein d'eau au-dessus de mon condensateur, placé dans un courant d'air naturel très vif; je perçai le fond et y plaçai un bout de tuyau en toile garni d'une pomme d'arrosoir; je répandis l'eau en pluie sur les surfaces de l'appareil. La chaleur de ces surfaces occasionna une légère vaporisation activée par le courant d'air, et j'obtins une condensation prompte et complète, quoique l'eau se répandît très irrégulièrement sur les surfaces métalliques nues. Il est vrai que je ne pus obtenir un vide au condensateur de plus de 1 à 2 *cm;* mais mes moyens étaient très imparfaits : les surfaces exposées au contact de l'eau ne la retenaient pas, étaient trop petites et la vitesse du courant insuffisante. En admettant même que, dans l'application aux locomotives, je ne puisse obtenir aucun vide au condensateur, mais simplement opérer la condensation de la vapeur auxiliaire sous une pression égale à celle de l'atmosphère, je me trouverais dans des conditions plus avantageuses que celles dans lesquelles marchent les locomotives à vapeur ordinaires, qui ont non seulement la pression de l'atmosphère à vaincre, mais encore la contre-pression occasionnée par l'étranglement du tube d'échappement, étranglement nécessaire au tirage de la cheminée.

La seconde difficulté résulte de la suppression de la vapeur d'échappement qui, dans les locomotives à vapeur d'eau, est jetée dans la cheminée afin d'en activer le tirage et de produire la combustion à haute température, cette vapeur devant être employée à créer, par sa condensation, la vapeur auxiliaire qui fera marcher la locomotive de renfort. Cette difficulté, la plus grande à résoudre, ne me paraît pas insurmontable et peut être franchie à l'aide de quelques moyens mécaniques.

Je ferai remarquer d'abord que l'emploi de la vapeur d'échappement au tirage de la cheminée n'est pas sans inconvénient, qu'il occasionne une contre-pression sur le piston, et conséquemment une perte de travail assez considérable par la nécessité de resserrer l'orifice du tube d'échappement beaucoup plus qu'il ne serait convenable de le faire dans toute autre circonstance. Bien que ce moyen soit le plus simple et peut-être le meilleur, il me semble qu'on pourrait le remplacer par un courant d'air remplissant à peu près le même but. » *(A suivre.)*

Les locomotives routières. — Nous donnons ci-dessous un extrait d'un Mémoire de M. John Mac Laren, un des Ingénieurs qui se sont le plus occupés en Angleterre de la question des locomotives routières, extrait publié par le journal *Ironmonger*, de Londres :

Malgré les nombreux obstacles qui s'opposent au développement des transports par la vapeur sur les routes ordinaires, on compte, dans la Grande-Bretagne, des milliers de machines routières employées, les unes pour mettre en relation les fermes avec les gares de chemins de fer, pour le transport des produits agricoles et celui en retour des engrais artificiels et autres matières ; les autres pour des houillères, des briqueteries, carrières, brasseries, minoteries, pour le transport des produits fabriqués aux lieux de vente ou de consommation. Mais le plus grand nombre de ces machines sert au transport, de ferme en ferme, des machines à battre et à leur mise en mouvement par une courroie passée sur le volant de l'appareil qui sert ainsi de moteur fixe. Pour ce genre de travail, la machine routière est en train de remplacer la locomobile qui était employée jusqu'ici à cet usage.

Les progrès réalisés dans la fabrication de l'acier coulé ont rendu de grands services pour la construction des locomotives routières, en permettant de combiner la résistance et la légèreté dans certaines parties et surtout dans les engrenages de transmission. Les diverses pièces sont si bien proportionnées et équilibrées, que la conduite des machines est extrêmement facile : un ouvrier d'intelligence moyenne peut arriver rapidement à être parfaitement maître de son moteur et à le diriger sur une route avec autant de sûreté que le mécanicien de chemin de fer conduit sa locomotive sur la voie spéciale qui est faite pour elle. A moins d'accident extraordinaire, on peut prévoir avec une exactitude très suffisante le temps nécessaire pour parcourir une distance donnée. On peut citer, comme exemple de travail courant, le cas d'une machine déjà vieille de seize ans battant du blé jusqu'à midi, partant alors pour aller à 22 *km* chercher une voiture chargée, et rentrant le soir avec cette voiture, après avoir effectué un parcours de 44 *km* dans l'après-midi et la soirée.

L'emploi des machines routières en Angleterre se développerait bien plus encore sans les nombreuses restrictions qui y sont apportées par des actes du Parlement. Une des clauses les plus absurdes de ces règlements est l'obligation d'avoir des jantes cylindriques et lisses ou bien armées de bandes diagonales dont la largeur ne dépasse pas 79 *mm*, l'épaisseur 18 et l'écartement 75. Ces prescriptions minutieuses empêchent toute amélioration dans la construction et le cas s'est présenté où des machines perfectionnées se sont vu refuser le permis de circuler sous prétexte que les roues n'étaient point conformes aux exigences des règlements alors que les inspecteurs eux-mêmes affirmaient que ces roues seraient moins nuisibles aux routes que les anciennes roues prévues dans l'acte du Parlement.

Ces entraves ont beaucoup gêné le développement de l'emploi des machines routières ; de plus avec le réseau si étendu des chemins de fer que possède la Grande-Bretagne, le rayon d'action de ces machines, pour le transport des marchandises au point de vue public devient de plus en plus limité. Mais dans les colonies, ces machines ont un champ très vaste d'action.

Pour une vitesse un peu considérable, il est nécessaire que les machines soient montées sur ressorts; mais, comme la difficulté que présentait cette disposition au point de vue mécanique est actuellement résolue, les services que peuvent rendre les locomotives routières se trouvent accrus d'une manière très notable. Avec des locomotives étudiées spécialement on a établi, il y a quelques années, et exploité dans des conditions avantageuses un service de messageries entre Grenoble et Lyon, sur une distance de plus de 100 *km*. Le service se faisait de nuit à une vitesse moyenne de 12 *km* à l'heure et avec une charge utile de 5 *t*.

Dans la Nouvelle-Zélande, des machines montées sur ressorts mettent en communication les fermes avec les ports de la côte pour le transport des objets d'approvisionnement et des produits agricoles. Une de ces machines, trainant une charge nette de 20 *t*, a fait le trajet de Christchurch à Grassmere et retour, distance totale 240 *km*, en deux jours et demi, y compris le temps nécessaire pour le chargement.

La route atteint une altitude de 940 *m* au-dessus du point de départ. Avec les moyens ordinaires employés dans le pays, il eût fallu 11 attelages de 10 bœufs chacun, soit 110 bœufs en tout et le trajet aurait duré 12 jours.

En Angleterre, le coût des transports peut être réduit à 1 2 1/2 centimes par tonne et par kilomètre avec l'emploi des machines routières et une société qui exploite des carrières a économisé 12 000 *f* la première année par l'usage d'une machine de ce genre ; cette expérience lui en a fait acheter deux autres et actuellement tous ses transports se font par locomotives routières. Pour les transports des grosses pièces, chaudières, plaques de blindages, etc., l'emploi de ces machines est tout indiqué.

A Liverpool, une locomotive routière a traîné une chaudière marine de 60 *t* sur un chariot pesant 20 *t*, soit un total de 80, à 3 200 *m* de distance en moins d'une heure. Trois hommes ont suffi pour faire l'ouvrage avec la machine ; autrement il eût fallu 60 chevaux et 20 ou 30

hommes qui eussent entravé toute circulation dans les rues pendant plusieurs heures.

Élévateurs à grains sur le Danube. — Les travaux du Danube ont développé considérablement le commerce et l'exportation des grains principalement : maïs, avoine, orge et riz ; cette dernière a passé de 1 324 000 *t* en 1880 à 1 952 000 en 1888. La moitié à peu près de ce chiffre passe par la bouche de Sulina.

Pour faciliter l'embarquement des grains amenés par le chemin de fer ou l'emmagasinage de ces denrées, le gouvernement roumain a fait construire d'immenses élévateurs à Galatz et à Braïla. Ces installations ont été décrites dans le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*. Nous allons en donner une description très succincte qui complétera ce qu'en a dit notre collègue M. Delmas dans son mémoire sur l'outillage des ports pour la manutention des céréales inséré dans le Bulletin de juin 1892.

Les constructions étant élevées sur la rive du Danube le terrain était assez mauvais et il a fallu des fondations très coûteuses. Il y a d'abord un bassin de 500 sur 120 *m* avec une profondeur d'eau minima de 5 *m*, laquelle suffit pour le tirant d'eau de tous les navires qui passent par la bouche de Sulina. Ce bassin doit être bordé par deux bâtiments de 120 *m* sur 28 *m* et 18 *m* de hauteur placés à 35 *m* du bord du bassin.

Un seul de ces bâtiments est construit actuellement, mais les installations générales mécaniques sont prévues pour les deux. Ce bâtiment est entièrement occupé par des silos de section horizontale hexagonale formés avec une carcasse de fer et des parois en treillis métallique noyé dans du ciment.

La plus grande partie de ces silos ont 3,50 *m* de diamètre et le reste 2,50 *m*, la hauteur est de 17 *m* au-dessus de la voûte des tunnels placés à la partie inférieure du bâtiment.

Ces tunnels sont au nombre de neuf, un par rangée de silos et contiennent des transporteurs à toile sans fin qui servent à décharger les silos.

Une disposition semblable se trouve à la partie supérieure pour les remplir. A chaque extrémité du bâtiment, les tunnels aboutissent à un autre disposé transversalement et se dirigeant vers le quai où il est mis en communication par des puits de 6 *m* de profondeur.

De cette manière, le grain amené dans les wagons le long du bâtiment est pris par des élévateurs qui l'amènent à un quelconque des silos où il est emmagasiné. De là il se vide sur les transporteurs inférieurs qui, par les tunnels qui ont été décrits, l'amènent aux puits situés sur les quais; des élévateurs télescopiques le prennent dans ces puits et le déchargent dans les cales des navires amarrés au quai. L'opération peut se faire en sens inverse.

Les élévateurs qui viennent d'être mentionnés sont au nombre de deux ; ils cheminent sur une voie de 3,50 *m* d'écartement; leur disposition est différente. Le premier est monté sur une table tournante et a un long bras en porte-à-faux sur lequel court une toile sans fin ; à une extrémité de ce bras est un tube télescopique contenan une chaîne à

godets ; à l'autre, un tube également télescopique. On conçoit que le premier tube peut être introduit dans un puits ou dans la cale du navire, tandis que l'autre servant à la décharge avec la position inverse; on peut donc prendre à volonté le grain dans un wagon ou un puits et le décharger dans le navire ou faire l'inverse. La capacité de cet élévateur est de 150 *t* à l'heure. La plate-forme porte une machine de 35 *chx* avec chaudière verticale, contenue dans une loge couverte en tôle ondulée. Le second élévateur, de même capacité, n'a pas de mouvement de rotation, il a un élévateur vertical pour puiser le grain dans les puits, et un couloir à inclinaison variable pour faire tomber les grains dans les cales des navires.

Le bâtiment des moteurs est au milieu entre les deux bâtiments des silos ; les transmissions se font par des câbles métalliques. La puissance absorbée par les transporteurs est, pour un seul bâtiment, de 270 *chx;* les nettoyeurs prennent 80 *chx* pour travailler 150 tonnes à l'heure pour chaque groupe. Il y a une machine de 500 *chx* ayant des cylindres de 0,65 et 1,30 *m* de diamètre et une course de 1,25 *m* marchant à 60 tours par minute. A cette machine est adjointe une autre de 50 *chx* spécialement destinée à l'éclairage électrique ; mais dans la journée, lorsqu'il n'y a que les tunnels à éclairer, on prend la force sur la grande machine.

Le mouvement des wagons et des trucs se fait par des cabestans hydrauliques. Il y a également un élévateur flottant muni d'une machine de 35 *chx* et monté sur un ponton de 38 *m* de longueur et 8,50 *m* de largeur qui sert à opérer le transbordement des grains d'un navire à un autre. Cet élévateur a une chaine à godets verticale et un couloir à inclinaison variable. L'ensemble de ces travaux coûtera plus de 20 millions de francs.

Accouplement de moteurs à vapeur. — Nous trouvons dans l'*Engineering Record* un singulier exemple d'accouplement de moteurs à vapeur. Une grande usine, dite Amory Mills, à Manchester (États-Unis), était mue en partie par l'eau et en partie par une machine à vapeur développant 700 *chx*. Pour augmenter cette dernière puissance, on a adjoint à l'ancienne machine une machine à deux cylindres disposés en tandem et on a fait fonctionner l'appareil complet comme machine à triple expansion, le cylindre du moteur primitif jouant le rôle de cylindre intermédiaire.

Les cylindres de la nouvelle machine ont 0,506 *m* et 1,012 *m* de diamètre et 1,22 *m* de course. La vapeur est fournie à la pression de 12 1/2 *kg*. La puissance totale est de 800 *chx* et peut être portée à 1 100. Le fonctionnement est dans ce cas très économique. De plus, la disposition est susceptible d'une grande élasticité; car, si on veut encore augmenter la puissance, on sépare l'ancienne machine au moyen de soupapes convenablement disposées, on l'alimente avec de la vapeur à 7 *kg* de pression en la faisant fonctionner comme machine simple à condensation, et on fait marcher la machine tandem comme moteur compound. On développe ainsi 1 800 *chx;* les machines marchent dans ce cas à des vitesses un peu différentes, 68 et 80 tours, ce qui n'a pas d'inconvénient.

Les deux moteurs ont été construits par la W.-A. Harris Steam Engine Company, à Providence.

Emploi de rails continus sur les tramways. — On a soulevé depuis quelque temps aux États-Unis la question de la possibilité de faire des voies continues sans se préoccuper de la dilatation des rails, ce qui simplifierait beaucoup la pose et supprimerait les joints coûteux et incommodes.

Les *Abstracts of Foreign Papers* de l'*Institution of Civil Engineers* donnent un extrait de l'*American Street Railway Journal* renfermant les résultats d'expériences faites à ce sujet par M. A.-J. Moxam.

Une longueur de 354 *m* de voie posée sur un lit de bon macadam sur route a été rendue continue et rigide par l'addition, dans les joints, de cales découpées suivant la section des rails ; ceux-ci ont été ensuite fixés par des éclisses de 1,60 *m* de longueur serrées par 18 boulons de 30 *mm* de diamètre remplissant parfaitement les trous, de manière que chaque rail n'eût absolument aucun jeu par rapport au voisin.

On mesurait la température à la tête et à la base des rails; on trouva que cette température était très sensiblement celle de l'air, de sorte que le sol n'avait pas d'effet sensible sur cette température. Des observations très précises montrèrent que le rail n'éprouvait aucun déplacement par rapport au sol, c'est-à-dire que le frottement sur le sol suffisait pour contrebalancer l'effet de la dilatation ou de la contraction.

La température maxima observée a donné une différence de 68 1/2 degrés centigrades entre le maximum de 31 1/2 au-dessus de zéro en août et le minimum de 30 degrés au-dessous en mars.

Comme la voie avait été posée à la température moyenne de 4 1/2 degrés centigrades au-dessus de zéro, on voit que la dilatation pour la température maxima ne correspond qu'à un effort de compression de 8,5 *kg* par millimètre carré, notablement inférieur à la limite d'élasticité.

Il semble donc possible de poser des voies continues avec les rails soudés les uns aux autres électriquement ou autrement.

On pourrait avec ce système employer des rails plus légers, car c'est surtout la question du joint qui oblige à se servir de rails lourds, tout au moins pour les tramways. On fait observer avec raison que, dans ce cas, il faudrait observer des précautions particulières pour les réparations des voies, parce que les rails seraient daus un état de tension comme des ressorts bandés.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JUIN 1893

Notice biographique sur M. LEBLANC, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par MM. BOREUX et ED. WIDMER, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées.

Construction de deux formes de radoub n°s 5 et 6 au Havre, par M. M. WIDMER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Jusqu'en 1889, le port du Havre ne contenait que quatre formes de radoub : l'ancienne grande forme du bassin de l'Eure, établie en 1864, et les trois autres situées dans le bassin de la Citadelle, mises en service en 1871 et 1872. La grande forme était la seule qui pût recevoir les paquebots transatlantiques et était tout à fait insuffisante en présence du grand nombre de ces navires qui fréquentent le port du Havre. On se préoccupait d'en établir de nouvelles; mais les travaux du neuvième bassin firent remettre à plus tard l'exécution de ces formes. Après l'achèvement de ces travaux, on a abordé cette construction.

Les deux nouvelles formes ouvrent dans le bassin de l'Eure; elles sont placées entre l'ancienne grande forme n° 4 et le sas du canal de Tancarville. La forme n° 5 a 150 *m* de longueur sur tins et 163,72 *m* de longueur totale; la largeur de l'entrée est de 20 *m*. La forme n° 6 a son axe à 37,44 *m* de celui de la précédente et à 62,48 *m* de l'axe de l'ancienne forme; elle a 115 *m* de longueur totale et 16 *m* d'ouverture. Ces formes sont construites avec radier en béton et pavage en briques, bajoyers en moellons siliceux avec parement en briques et bordures de gradins, couronnements, escaliers, seuils et heurtoirs en granit.

La fouille a donné lieu, pour l'enlèvement des déblais, à de grandes difficultés : on a enlevé une partie à l'excavateur déversant dans des wagons, une autre avec des plans inclinés remontant les wagonnets chargés au fond de la fouille. On a ainsi enlevé 178 500 m^3 de terre au moyen de 62 937 wagons chargés à l'excavateur ou à la pelle et de 324 800 wagonnets ayant versé leur contenu dans 56 055 wagons. Certaines parties des fondations ont dû être faites à l'air comprimé.

La fermeture des portes s'opère par des bateaux-portes métalliques.

Dans l'établissement des machines d'épuisement, on s'est attaché à faire opérer l'asséchement des formes avec une grande rapidité. Il fallait jusqu'à douze et quinze heures pour vider l'ancienne grande forme; on s'est proposé de ne pas employer plus de trois heures pour vider les nouvelles.

Les appareils se composent de trois machines à vapeur principales

commandant chacune des pompes et alimentées par trois chaudières, plus deux petits appareils d'épuisement destinés à achever l'assèchement et à entretenir les formes à sec lorsqu'elles ont été vidées par les machines principales.

Seize constructeurs ont été appelés et sept projets ont été présentés. Celui qui a été adopté, fourni par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, comporte des turbines à axe vertical placées au fond du puisard; ces turbines ont 2 *m* de diamètre et leur arbre est commandé à la partie supérieure par une machine compound à deux cylindres placés à 90° l'un par rapport à l'autre et dont les bielles actionnent une manivelle unique.

La vapeur est produite par des générateurs semi-tubulaires à foyers intérieurs, ayant chacun 4 m^2 de grille et 125 de surface de chauffe. Les appareils d'entretien sont des pompes à trois pistons plongeurs calés à 120° sur un arbre actionné directement par une petite machine compound. Les essais ont montré que l'épuisement fait par les machines principales ne demandait que deux heures cinquante minutes en moyenne.

La dépense totale s'est élevée à 4 852 000 *f*. dont 3 240 000 *f* pour les terrassements et maçonneries et 450 000 *f* environ pour les machines d'épuisement et leur bâtiment; le reste pour la fourniture de ciments, les bateaux-portes, les apparaux divers, le pavage, etc.

Note sur **les efforts secondaires** qui peuvent se produire dans **les systèmes articulés à attaches rigides,** par M. Jacquier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit de rechercher si le mode rigide d'attache des treillis des ponts métalliques augmente notablement le travail du métal calculé par les méthodes ordinaires. La conclusion de l'auteur est que, pour les treillis simples, les seuls qu'il ait étudiés et les seuls qui semblent pouvoir l'être, l'augmentation de travail est en général très peu importante, et qu'il n'y a pas lieu de s'en préoccuper.

Expériences sur **la résistance des rouleaux métalliques,** par M. H. Deslandres, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ayant eu à s'occuper de déterminer les dimensions de rouleaux de dilatation de ponts métalliques, l'auteur a été conduit à mesurer :

1° Les diamètres de cylindres comprimés entre deux surfaces planes;

2° Les surfaces planes comprimées par des cylindres.

Ces mesures ont été opérées par des moyens différents. Pour les rouleaux, on a opéré avec un palmer divisé en centièmes de millimètre, et on employait des précautions spéciales pour que les variations de température ne vinssent pas troubler les phénomènes. L'examen des surfaces planes était fait au moyen d'un trusquin amplificateur.

L'auteur conclut de ses expériences que, si on veut éviter des déformations permanentes, on est conduit à n'imposer aux rouleaux cylindriques que des charges très faibles, ce qui rendrait les appareils trop volumineux. On peut donc dépasser les charges donnant des déformations permanentes; mais il faut maintenir la pression en dessous d'une

valeur critique établie par des expériences et qui, pour un cylindre en fonte de 160 *mm* de diamètre, est d'environ 0,44 *kg* par millimètre carré de section diamétrale. Avec cette limite théorique, les déformations permanentes ne dépasseraient pas 1/30 000 du rayon du cylindre. Seulement, en raison de l'imperfection du tournage, il faudrait prendre seulement la moitié de la charge, soit 0,22 *kg*, et, pour des cylindres en acier portant sur des plans en fonte, 0,18 *kg*.

ANNALES DES MINES

6e livraison de 1893.

L'industrie des huiles de schiste en France et en Écosse, par M. G. Chesneau, Ingénieur des Mines.

L'auteur de ce remarquable travail étudie successivement l'industrie des huiles de schiste de l'Allier et d'Autun, puis la même industrie en Écosse.

Les bassins de Buxières et d'Autun sont les seules localités en France où la production des huiles de schiste est importante. Les procédés y sont partout sensiblement identiques. Le traitement comprend toujours deux opérations essentielles : 1° la distillation des schistes bitumineux donnant l'huile brute; 2° la rectification de l'huile brute donnant les diverses huiles commerciales. Ces diverses opérations sont décrites successivement et un aperçu est donné du prix de revient et des résultats économiques qui, si on les compare aux chiffres contenus dans un Mémoire de M. Tournaire, Ingénieur en chef des Mines, paru en 1871 dans les *Annales des Mines*, indiquent de très grands progrès réalisés dans cette industrie en France depuis vingt ans. En somme, l'huile brute ne revient plus guère en moyenne qu'à 10 *f* par hectolitre, et les prix de rectification et d'épuration pour la même unité ne dépassent pas actuellement 3 *f*.

L'industrie des schistes, fondée en Écosse par Young, vers 1845, y a pris un développement énorme : elle produit annuellement 236 millions de litres provenant de la distillation de 2 millions de tonnes de schiste. La note passe successivement en revue l'extraction du schiste, la distillation pour l'huile brute, la rectification de celle-ci et quelques opérations accessoires, telles que le traitement des huiles paraffinées pour paraffine, et le traitement des eaux ammoniacales pour sulfate d'ammoniaque.

L'examen des résultats économiques indique que la paraffine et le sulfate d'ammoniaque forment les deux tiers des produits marchands et que ce sont ces produits qui donnent le bénéfice, car les huiles retirées des schistes ne couvrent pas leurs frais de fabrication.

La comparaison de l'industrie des schistes en France et en Écosse indique une supériorité en faveur de la première en ce qui concerne l'extraction, et une égalité sensible pour les procédés de rectification; mais l'industrie française peut utilement emprunter des améliorations à l'industrie écossaise pour les procédés de distillation du schiste, surtout en ce qui concerne l'emploi de la vapeur surchauffée et le chauffage progressif jusqu'à une très haute température, qui permet l'emploi d'appareils en briques réfractaires substitués aux cornues en fonte.

Un autre perfectionnement à apporter à la fabrication des huiles de schiste est leur désulfuration, qu'on pourrait opérer par divers procédés et qui leur donnerait une plus grande valeur.

Étude théorique sur le **rendement réel des machines à vapeur**, application aux locomotives, par M. Nadal, Ingénieur des mines.

La thèse de l'auteur est que la théorie permet d'étudier tous les problèmes qui se rattachent à la marche des trains, à l'utilisation et à la consommation des machines.

Pour justifier cette manière de voir, il étudie d'abord la théorie de la transmission de la chaleur dans les parois des cylindres des machines, théorie qui permet, d'après lui, de calculer le rendement exact d'une machine avec une approximation qui ne dépend que de la plus ou moins grande précision qu'on apporte au tracé d'une série d'épures et il en fait l'application à la construction des diagrammes.

On peut donc, connaissant la distribution de la machine, construire théoriquement les diagrammes vrais des pressions pour une allure quelconque et les diagrammes des échanges de chaleur avec les parois. De ces diagrammes se déduisent, d'une part, le travail produit, de l'autre la dépense de vapeur. On détermine ainsi le rendement réel.

Le mémoire donne ensuite l'application de cette théorie à une machine express de la Compagnie d'Orléans et calcule la dépense de vapeur par tour à diverses vitesses et admissions rapportée à la puissance, dépense variant de 12 à 14,4 *kg* par cheval-heure.

Il trouve que ces résultats théoriques sont confirmés par la pratique, en se basant sur quelques expériences faites sur les mêmes machines. Ces expériences ne paraissent pas comporter une extrême précision, les données relevées se composant simplement de la vitesse, du cran de marche et de la dépense d'eau relevée au tender. La résistance est simplement appréciée en prenant comme coefficients ceux qu'a donnés M. Desdouits dans la *Revue générale des Chemins de fer* de mai 1890. Il est juste d'ajouter que, l'expérience s'appliquant uniquement à des parcours en rampes de 6 et 10 millièmes, l'influence de la pesanteur est prépondérante et le chiffre exact de la résistance en palier n'a qu'une influence secondaire. Mais on peut faire observer aussi que les durées des expériences se trouvant dans ce cas assez faibles, 32 minutes en tout, il subsiste de ce chef une cause d'incertitude sur le niveau d'eau dans la chaudière, niveau qui, dans une locomotive en mouvement, n'est pas susceptible d'être calculé avec une très grande précision. Ce travail, très intéressant d'ailleurs, paraît devoir être continué.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 3 juin 1893.

Communication de M. Griot sur les **installations visitées à Montrambert.**

Ces installations comprennent les machines d'extraction du puits Devillaine à distribution par soupapes, qui enlèvent des cages pesant 9 460 *kg* chargées, le cabestan de secours du même puits, actionné par deux machines accouplées à distributeur rotatif de la maison Bietrix, puis la pompe du puits de l'Ondaine qui épuise à la profondeur de 406 *m*; il y a sept corps de pompe à plongeur actionnés par une machine à simple effet, système de Cornouailles, dont le cylindre à vapeur a 1,84 *m* de diamètre et 2,90 *m* de course. Au même puits est un cabestan à vapeur actionné par deux cylindres avec changement de marche Fouquemberg commandé par un petit servo-moteur. On peut signaler encore le guidage du puits de l'Ondaine fait en rails Vignoles et un système de barrières automatiques.

Suivent quelques détails sur l'organisation générale de la division de Montrambert, couches exploitées, puits en activité, méthodes d'exploitation, aérage, etc.

M. Griot donne enfin la description de l'application des freins à contrepoids aux machines d'extraction. Ces freins, au lieu d'être fermés, sont tous ouverts par la pression de la vapeur et assurent le serrage automatique en cas de rupture de la conduite de vapeur.

L'administration semble disposée à rendre ce système obligatoire, or l'auteur de la communication pense qu'il présente de nombreux défauts et qu'il parait appelé à causer plus d'accidents qu'à en éviter. Les principaux défauts qu'il lui reproche sont : 1° d'être paresseux parce que la vapeur s'y condense et qu'il faut un certain temps pour que cette eau soit expulsée, ce qui nuit à la rapidité d'action ; 2° que, les pistons étant rarement étanches, il y a des fuites de vapeur qui n'existent pas dans le système ordinaire ; 3° que ce frein est brutal et nuit à la durée des machines ; 4° enfin qu'il ne se prête pas aux manœuvres délicates, ce qui est très grave. L'auteur ne croit donc pas qu'il y ait lieu de remplacer le frein à vapeur ordinaire par le frein à vapeur à contrepoids normalement serré.

Communication de M. Clermont sur l'**Alimentation en eau de la ville de Saint-Étienne.**

La ville de Saint-Étienne n'est desservie que par deux torrents de peu d'importance : le Furens dont tout le débit est capté pour les besoins de l'alimentation et le Furet qui représente un cinquième de l'importance du premier, mais dont les eaux sont, au-dessus de la ville, souillées par

des teintureries. La sécheresse actuelle donne de graves inquiétudes et l'auteur s'est proposé de rechercher si cette sécheresse est si exceptionnelle que son retour à bref délai ne soit pas à craindre. Il croit pouvoir démontrer que c'est là le cas et qu'on doit se préoccuper d'augmenter l'alimentation d'eau par l'étude d'un ensemble de travaux convenables.

Le bassin de la Semène dans lequel un réservoir de 10 à 11 millions de mètres cubes peut être établi, semble être la meilleure des solutions à adopter.

Communication de M. Coquillion sur son **Grisoumètre et les modifications qu'il a subies.**

L'auteur a pour objet de décrire les modifications qu'a subies son grisoumètre depuis douze ans, modifications que M. Le Chatelier paraît avoir ignorées dans son article publié dans les *Annales des Mines*. Ces modifications rendent cet appareil plus précis qu'aucun autre. Elles portent sur les dispositions pour activer le refroidissement du fil de platine, sur la graduation pour la mesure du volume et sur l'emploi d'une méthode dite du brûleur en U destinée à parer à l'objection émise quelquefois que l'analyse est faite sur l'eau et non sur le mercure.

Un appareil portatif de l'auteur, expérimenté récemment par un professeur du Muséum d'histoire naturelle, a indiqué un millième de grisou; une lampe ne pourra jamais donner qu'une approximation bien éloignée.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin d'Avril 1893.

Notice nécrologique sur **M. Henri Schwartz,** par M. Auguste Dollfus.

Rapport général sur la marche de l'**Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur** à l'expiration de son vingt-cinquième exercice prenant fin au 31 décembre 1892, présenté à l'assemblée générale du 8 février 1893, par M. Ernest Zuber, président du Conseil d'administration.

L'Association alsacienne a été la première de son espèce sur le continent; elle avait pris modèle sur une institution qui existait en Angleterre depuis 1854 et avait été fondée à Manchester par Fairbairn. Elle a pris naissance à la suite de la nouvelle législation des chaudières à vapeur inaugurée par le décret de 1865 qui supprimait les épaisseurs de tôle obligatoires, les essais au triple de la pression, quelle qu'elle soit, etc. Cette liberté d'allures permettait des progrès irréalisables jusque-là, mais réduisait la sécurité; il fallait donc prendre des mesures pour parer aux dangers auxquels on allait être exposé.

Fondée au milieu de l'année 1867, l'Association alsacienne a acquis un haut degré de prospérité; elle comptait, à la fin de 1892, 2 010 chaudières dont 1 164 pour la Haute-Alsace, 509 pour la Basse et 337 pour la Lorraine. Les cotisations du dernier exercice s'élèvent à 58 353 marks et le fonds de réserve à 118 000.

Rapport de M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef, sur les **travaux exécutés sous sa direction** pendant l'exercice 1892.

Nous indiquerons, comme d'habitude, les expériences les plus intéressantes contenues dans ce rapport. La plus grande partie se rapporte à la surchauffe, il n'y en a pas moins d'une douzaine. Les essais ont donné des chiffres très variables. On a quelquefois trouvé 20 0/0 d'économie sur la vapeur et autant sur le combustible, tandis que dans d'autres cas, l'économie de combustible n'a pas dépassé 5,7 0/0. Il y a même un cas où on a constaté aux essais un rendement en combustible plus favorable sans surchauffe qu'avec surchauffe. Cela parait tenir aux conditions de la vaporisation qui étant très limitée par rapport aux dimensions de la chaudière ne donnait pas lieu à un entrainement d'eau.

M. Walther-Meunier fait remarquer à juste raison, à ce propos, qu'il n'y a aucune règle générale à établir au sujet de la surchauffe et que l'application de celle-ci doit être soigneusement étudiée pour chaque cas particulier. Pour les chaudières, la surchauffe sera d'autant plus avantageuse que celles-ci fonctionneront dans des conditions de vaporisation moins bonnes et entraineront plus d'eau. Pour les machines, l'économie sera d'autant plus grande que l'appareil marchera à un degré de détente plus élevé au cylindre d'admission et que l'enveloppe de vapeur fonctionnera moins bien. Quant à la durée, certains surchauffeurs ont exigé de nombreux remplacements de tubes. On n'a pas remarqué d'inconvénients pour les machines, lorsque celles-ci ont des presse-étoupes métalliques et le graissage fait avec des matières appropriées.

Le rapport donne deux essais intéressants de machines fonctionnant sous surchauffe : l'une, machine horizontale à condensation à un seul cylindre à distribution Duvergier modifiée, construite par MM. Piguet et Cie, à Lyon, a 69 tours avec de la vapeur à 6 *kg*, introduction moyenne 8,5 0/0 de la course et développant 38 *chx* indiqués, dépensé 8,04 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure.

L'autre est une machine horizontale compound, système Frikart, construite par la Société alsacienne de constructions mécaniques. A 67 tours, en développant 404 *chx* indiqués, cette machine consomme 6,73 *kg* de vapeur, 0,903 *kg* de houille brute humide et 0,822 *kg* de houille brute sèche par cheval indiqué et par heure. Ce dernier résultat est d'autant plus satisfaisant que la consommation de vapeur comprend toute l'eau condensée et entrainée dans la conduite et l'enveloppe et que les chaudières étaient poussées presque à la limite d'une production normale.

Parmi les accidents signalés s'en trouve un fort curieux, consistant dans la perforation de la tôle inférieure du corps de la chaudière, perforation sous forme de rondelle opérée par l'extrémité du tuyau plongeur

d'alimentation. Ce plongeur parait avoir agi à la façon d'un trépan, grâce aux dépôts siliceux de l'eau qui a facilité le rôdage de la tôle.

Un autre accident est l'explosion d'une locomotive de service aux forges de Dudelange (Luxembourg). L'explosion qui ne peut avoir eu pour cause le manque d'eau, paraît due : 1° à l'épaisseur insuffisante de la tôle pour la pression de 12 *kg* ; 2° à la mauvaise qualité du métal. Cet accident nous édifie une fois de plus, dit le rapport, sur le peu de valeur des essais à la presse pour des constatations autres que l'étanchéité des assemblages. Il aurait pu se produire immédiatement après une épreuve hydraulique, sans que celle-ci eût donné le moindre indice d'un danger imminent.

Bulletin de Mai 1893.

Note sur **le sondage** exécuté dans la propriété de M. André Kœchlin, au Hasenrain, pendant les années 1836 et 1837, par M. MATHIEU MIEG.

Ce sondage entrepris pour la recherche d'eaux jaillissantes a été poussé à 180 *m*. Le journal du Sondeur, qu'on a retrouvé récemment dans les archives de la Société industrielle, donne des renseignements d'une grande importance au point de vue de la connaissance géologique des terrains du Sundgau et particulièrement des environs de Mulhouse. Ce sondage, commencé avec la pelle et la pioche, avait été continué avec la sonde et le trépan mus par un balancier actionné par une équipe de 6 à 9 hommes.

Machine à flamber au gaz, de MM. Scheurer, Rott et Cie, par M. M. LEVY.

A l'occasion de la description de cet appareil et du compte rendu des essais qui ont été faits, l'auteur indique que l'idée du flambage des tissus par le gaz parait due à Molard, ancien directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, qui, non content d'en avoir indiqué le principe, en a touché tous les points essentiels, direction de la pièce par rapport à la flamme, compression de l'air, brossage et séchage, c'est-à-dire tous les principes appliqués depuis dans les appareils les plus modernes et les plus perfectionnés.

Ces indications contenues dans une note manuscrite de Molard, conservée dans les archives du Conservatoire, paraissent remonter à une époque antérieure à 1811, d'après les termes d'un passage du *Bulletin de la Société d'Encouragement*, où sont rappelés les droits de priorité de Molard en ce qui concerne le grillage des tissus par la flamme du gaz hydrogène.

Recherches sur la **Constitution de la fuchsine** et des matières colorantes analogues par l'étude de leurs sels acides, par M. A. ROSENSTIEHL.

Note sur le **Rouge ponceau des Japonais.** Documents présentés par M. ALBERT SCHEURER.

Ce rouge est extrait de la fleur du safran et il n'y a qu'un endroit au Japon où cette matière colorante est préparée et encore en petite quantité.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 1er Avril 1893.

Étude de M. H.-C. Bosscha, sur les **Chaudières et leur production de vapeur.** L'auteur compare les résultats donnés par la pratique avec les rendements théoriques ; il conclut qu'il n'est pas possible d'établir, dans une seule formule et pour les divers types de chaudières, la relation entre la quantité d'eau évaporée par mètre carré de surface de chauffe, la même quantité par kilogramme de combustible et la valeur de la surface de chauffe. En établissant une formule de ce genre pour les divers types, il faudrait en outre tenir compte de la nature du combustible et de la température de l'eau d'alimentation ; ces conditions compliqueraient considérablement la formule. Pour établir les dimensions les plus avantageuses à donner à un générateur d'un type donné et produisant une quantité donnée de vapeur, il faut tenir compte non seulement de l'utilisation du combustible et de la chaudière, mais encore des dépenses de premier établissement et de leur amortissement.

Concession en Italie d'une **entreprise de desséchement de terrains** à une Société hollandaise, par le Dr Cappari. Au sujet de l'ouvrage de M. le comte de Dienne sur le rôle joué par les Hollandais dans les desséchements exécutés en France, l'auteur donne le texte de l'acte d'une concession donnée par le grand-duc Ferdinand II, de Toscane, en 1693, au hollandais Van der Straten, pour établir des moulins à vent destinés à opérer le desséchement de terrains marécageux sur le territoire de Pise.

Livraison du 7 Avril 1893.

Procès-verbal de la séance du 14 février 1893.

Discussion sur les diverses méthodes de **protection de talus et berges** des canaux de navigation, et sur les règlements de police relatifs à la vitesse admissible pour les bateaux à vapeur circulant sur ces canaux.

Communication de M. Stang sur **un système de puits** appliqué avec succès par lui dans un terrain sablonneux. Ce système consiste dans l'emploi d'une colonne de coquilles de 5 à 6 *m* de hauteur sur

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

0,60 m de diamètre qu'on descend dans le sable au moyen d'un tuyau en fonte qu'on retire après et de la pression de l'eau. L'auteur pense que ce système peut rendre de grands services lorsque l'eau est destinée aux pompes à incendie ou à la condensation des machines à vapeur.

Parfois le sable est trop fin et remplit les intervalles des coquilles; dans ce cas, on enveloppe celles-ci d'une couche annulaire de gravier.

Communication de M. Van Dissel sur **quelques anciens manuscrits de l'ingénieur hollandais Leeghwater,** trouvés par lui dans les archives et relatifs à un nouveau système d'épuisement et aux calculs sur le desséchement du lac d'Haarlem. Ces manuscrits datent du XVIIe siècle.

Livraison du 5 Juin 1893.

Procès-verbal de la séance du 11 avril 1893.

Étude de M. Conrad sur **les eaux des canaux d'Amsterdam.** Ces canaux servant d'égouts pour une grande partie des maisons de la ville sont en communication avec l'eau salée du Zuyderzée qui y pénètre régulièrement et qui en découle dans le canal maritime allant à la mer du Nord. Ce canal est en communication avec l'eau des polders environnants, de sorte que les canaux de ces polders sont infectés par les eaux des égouts de la ville. Il résulte de cet état de choses des inconvénients de diverse nature au point de vue de l'eau potable, des bestiaux, etc. M. Conrad, après avoir donné un aperçu historique très complet sur la question, émet le vœu que le gouvernement mette fin à cette fâcheuse situation; il propose de faire pénétrer de l'eau douce dans les canaux de la ville et de la faire ensuite écouler d'une manière naturelle ou artificielle dans le Zuyderzée.

Communication de M. Van Zuylen sur le **chemin de fer de Sumatra,** au sujet de la présentation d'une collection de dessins et de photographies remises à l'Institut par le Ministre des Colonies.

Communication de M. Van Ysselsteyn sur la **distribution d'eau potable à Rotterdam.** La distribution d'eau établie en 1874 par la commune de Rotterdam pour une consommation journalière de 5 000 m^3 a été développée depuis cette époque jusqu'aux taux de 4 200 m^3 par heure.

L'eau est prise dans la Meuse, qui traverse la ville; elle passe dans les bassins de décantation et de filtration. La note décrit l'installation actuelle et donne l'historique de son développement; la description est accompagnée de planches et de tableaux graphiques. L'auteur signale les inconvénients dus à la présence dans l'eau du *Crenatrix Kuhniana* et les moyens appliqués pour combattre ce bacille.

Livraison du 15 juin 1893.

Trois détroits de l'archipel japonais, par M. Rouwenhorst Muller. — L'auteur, qui a passé plusieurs années au service japonais, décrit les phénomènes que présentent en divers endroits les mers du

Japon et différents projets de ports destinés à développer le commerce de ce pays.

Étude sur l'acier au point de vue des constructions, par MM. Alpherts et Verzbrugh. — Cette étude comprend d'abord le résumé critique des dernières recherches sur cette question, notamment celles de M. Tetmajer (*Schweizerische Bauzeitung*, 1892, nos 19-23), de M. Mehrtens (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, vol. XXXVI), de M. Kintzlé (*Stahl und Eisen*, 1892, 15e livraison). Elle résume ensuite le nouveau règlement suisse sur les épreuves auxquelles ces matériaux doivent satisfaire.

Enfin, les auteurs développent leurs vues personnelles et donnent un tableau très intéressant, composé avec les renseignements fournis par les industriels eux-mêmes, pour quarante-huit usines.

Ce tableau renferme :

1° Le nom de l'usine;

2° La méthode de fabrication, avec le nombre et les dimensions des fours, convertisseurs, etc.;

3° Les matières premières employées;

4° Les méthodes d'essais;

5° Les principaux produits et la quantité fabriquée par an;

6° La vente des lingots;

7° Les propriétés des matériaux laminés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

No 28. — *15 juillet 1893.*

Ordre du jour de la 34e réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Barmen et Elberfeld.

Élargissement d'une écluse à Hambourg, par C. Merkel *(fin)*.

Installations de distribution de force et de chaleur en Amérique, par A. Riedler *(fin)*.

Installations de transport de force au Niagara, par E. Reichel.

La métallurgie américaine à l'Exposition de Chicago, par E. F. Dürre.

Comparaison du travail des métaux avec la fraise et avec la meule, par W. Steding.

Voûtes en béton avec arcs en fer.

Groupe de Chemnitz. — Grille de foyer à alimentation mécanique de Ruppert. — Sauvetage de matières précieuses provenant de naufrages sur les bancs de sable de la Hollande. — Industrie de la peluche et de la chenille à Chemnitz. — Eau entraînée par la vapeur. — Tuyaux pour vapeur à haute pression. — Caractères de l'invention dans la loi alle-

mande sur les brevets. — Progrès dans l'emploi économique de la vapeur.

Variétés. — Importation et exportation de machines et de matériel de chemins de fer dans l'union douanière allemande en 1892. — Dureté et douceur dans les tôles des chaudières marines.

N° 29. — *22 juillet 1893.*

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite)*.

Installations frigorifiques en Amérique, par M. F. Gutermuth.

La métallurgie américaine à l'Exposition de Chicago, par E. F. Dürre *(suite)*.

Produits d'exploitation et extension des établissements municipaux d'électricité de la ville de Hanovre, par Th. Stort.

Groupe de Franconie et du Palatinat supérieur. — Chaudières à haute pression. — Expériences avec la vapeur surchauffée.

Variétés. — Question des récompenses à l'Exposition de Chicago. — Notes de voyage en Amérique.

N° 30. — *29 juillet 1893.*

Ordre du jour et programme de fêtes de la XXXIV[e] réunion générale de l'Association de Barmen et Elberfeld.

Tramways à câble en Californie, par A. Riedler.

Étude sur les forces hydrauliques en Amérique, par E. Reichert *(suite)*.

La métallurgie américaine à l'Exposition de Chicago, par E.-F. Dürre *(fin)*.

Résistance des récipients cylindriques et sphériques aux pressions intérieures et extérieures, par R. Bredt.

Daniel Colladon, par F. Reuleaux.

Préparation de gaz à grand pouvoir éclairant au moyen de gaz à l'eau en Amérique, par E.-F. Dürre.

Groupe de Hambourg. — Nouveautés dans les hélices propulsives.

Bibliographie. — Manuel de technologie mécanique, par E. Muller.

Variétés. — Appareils pour la prévention de la fumée.

N° 31. — *5 août 1893.*

Les machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par M.-F. Gutermuth.

Notes de voyage en Amérique, par W. Hartmann.

Le service de l'exploitation à l'Exposition de Chicago, par Kollmann.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite)*.

Résistance des récipients cylindriques et sphériques aux pressions intérieures et extérieures, par R. Bredt *(fin)*.

Groupe de Cologne. — Economie du combustible dans les appareils à vapeur. — Emploi de dynamos pour la mesure du travail. — Chaudière à foyer ondulé.

Groupe du Palatinat Saarbruck. — Condensation par surface.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Appareils pour l'essai des matières lubrifiantes.

Correspondance. — Prévention des accidents et appareils du sûreté.

N° 32. — *12 août 1893.*

Voyage d'études dans l'ouest de l'Amérique, par A. Riedler.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition de Chicago, par F. Gründler.

Transmissions par courroies en Amérique, par Ernest Reichel.

Frein électrique à bande pour volants, par L. Luckhardt.

Groupe de Hambourg. — Fonçage de puits artésiens pour l'alimentation de Hambourg.

Bibliographie. — Le conducteur de machines, par L. Hintz. — Traité des gites minéraux et métallifères, par E. Fuchs et L. de Launay.

Variétés. — Les machines allemandes à l'Exposition de Chicago, par G. Blanen. — Association allemande pour la protection de la propriété industrielle. — Concours pour une installation centrale de force motrice dans la Haute-Alsace.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

Le Secrétaire Général. Gérant responsable,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 17370-10-93. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1893

N° 9

LA SOCIÉTÉ
DES
INGÉNIEURS CIVILS
PENDANT LE SIÈGE DE PARIS

PAR

M. J. GAUDRY

SOMMAIRE

Le Génie civil a dans son histoire une belle page qui n'a pas encore été écrite : c'est celle de son rôle pendant le siège de Paris en 1870. Je viens rédiger cette page et conserver, dans nos annales, le souvenir des travaux du *corps du Génie civil* à cette époque douloureuse déjà si loin de nous, mais qui vit se produire tant d'actes de courage, de patriotisme et de désintéressement.

L'illustre ingénieur Alphand et l'architecte Viollet-le-Duc ont créé, dès les premiers jours du siège de Paris, une *légion du Génie auxiliaire de la garde nationale*, ouvriers du bâtiment encadrés d'architectes et d'Ingénieurs, parmi lesquels Bourdais, Petitgand, Demimuid, Cerbelaud, Couche, Pepin le Halleur, Elphège Baude, Clerget, Davioud, de Baudot, Ballu père et fils.

Cette légion du génie s'occupa surtout des travaux de fortification. Réorganisée par décret du 7 novembre à une des phases les plus critiques du siège, elle fut alors divisée en deux bataillons, l'un sédentaire, l'autre formé de seize compagnies de marche. Ce dernier, placé sous le commandement du général Tripier, fut mis plusieurs fois à l'ordre du jour et eut cinq cent soixante-dix-huit tués ou blessés. L'histoire de cette légion du génie (1) a été écrite ; un exemplaire est à notre bibliothèque. Bien que des membres de notre Société des Ingénieurs s'y soient distingués, ce n'est pas à elle qu'est consacré le récit qui va suivre.

Un grand nombre de nos collègues a été incorporé dans l'armée régulière, dans la mobile et dans ces *corps francs* qui ne furent pas tous intéressants, mais dont plusieurs ont été notoirement héroïques. Elle serait à faire avec émotion l'histoire de ces corps francs que créèrent avec leur personnel les compagnies de chemins de fer, celle du Gaz, la Banque et autres grandes administrations industrielles et financières. Formés spontanément, armés et commandés à leur guise, d'abord pour la défense de leur maison, ils fournirent des compagnies de marche (2) qui parurent aux champs de bataille et pratiquèrent d'audacieuses reconnaissances.

Mais cette histoire des corps francs d'Ingénieurs et d'agents sous leurs ordres ne peut avoir place ici.

Outre nos collègues incorporés dans les troupes régulières et dans ces corps francs, divers membres éminents de la Société des Ingénieurs se sont individuellement attachés à des corps d'armée pour des travaux de ponts, d'épaulements et de tranchées. Nous leur consacrerons un article, bien que ces auxiliaires volontaires aient laissé peu de souvenirs de leur œuvre plusieurs fois louangée par les généraux, et qu'ils aient joint à leur science improvisée de génie militaire, une modestie et un oubli d'eux-mêmes qui n'a pas toujours laissé le souvenir de leur nom.

Enfin il y a eu le *corps du Génie civil*, essentiellement recruté dans notre Société des Ingénieurs et constitué par décret du 15 septembre 1870. C'est celui dont la présente notice va rappeler les très remarquables travaux, aussi désintéressés et parfois aussi courageux que les précédents pendant le siège de Paris.

Ces travaux ont embrassé à peu près tout ce qui intéressait la

(1) *Viollet-le-Duc et Alphand*, par Massillon, 2 vol. in-8°.

(2) Le corps franc du chemin de fer du Nord essuya les rudes combats de Thiais et de Villejuif, et fut mis à l'ordre du jour.

défense, depuis la fabrication des armes jusqu'aux services des subsistances et de la salubrité. Mais, après avoir relaté la constitution du corps du Génie civil, nous bornerons notre exposé aux travaux mécaniques, dont l'histoire est aussi celle de presque toute l'industrie parisienne, savoir : l'artillerie, les munitions, les moulins, les pompes à incendie. Nous ne pouvons omettre les ponts de Champigny, où Pronier, Trélat et de Dion nous ont fait honneur ; non plus que nos pittoresques séances de la Société des Ingénieurs à cette époque.

I. Constitution du corps du Génie civil.

Lorsque les Allemands se présentèrent devant Paris, après le désastre de Sedan, on s'était si peu attendu à un siège que rien n'était préparé pour la défense : l'enceinte et les forts n'étaient ni armés ni appropriés aux nouveaux progrès de l'artillerie. L'étonnement de l'histoire sera qu'au lieu de terminer la guerre par une prise d'assaut assurément sanglante, les Allemands se soient bornés à bombarder nos plus chers édifices et à cruellement affamer une population de deux millions d'âmes (1).

Lorsqu'on suppliait le gouvernement de la Défense nationale de secouer son découragement, de sortir sur l'ennemi pour le retenir sous nos murs et l'empêcher d'aller écraser les armées de province, pour nous aguerrir nous-mêmes, il répondait : Nous n'avons pas d'artillerie, pas d'arsenaux ni de personnel pour en créer. Mais il y a, lui disait-on, les usines de l'industrie privée, ses Ingénieurs et ses ouvriers ayant sans doute tout à apprendre en matériel de guerre, mais assez rompus aux travaux de construction pour faire un rapide apprentissage. Rien de tout cela ne vaut pour la guerre, répliqua-t-on au gouvernement et à ce qui restait d'état-major.

Le ministre des Travaux publics, Dorian, et ce sera son honneur, entreprit de faire ce à quoi on se refusait avec découragement dans les autres ministères. Il prit au compte de son département de faire construire par l'industrie privée le matériel d'une armée de 200 000 hommes, sinon pour une suite de campagnes, au moins pour *faire la trouée*. C'était à la fois une œuvre de défense

(1) Ceux qui se sont étonnés de la longue résistance de Paris oublient qu'il en a toujours été ainsi dans son histoire : au temps d'Attila, de la guerre de Cent ans, de la Ligue, etc. Ce ne fut pas la faute de la vraie population de Paris si, en 1814 et à d'autres époques de discordes civiles, les armées étrangères ont pu entrer plus facilement dans Paris.

nationale et un œuvre d'humanité, en occupant patriotiquement une portion considérable de la population que l'oisiveté forcée commençait à démoraliser, et qui, à la garde inutile et sans discipline des fortifications, se donnait elle-même le nom d'escargots de rempart.

Il y avait à s'occuper aussi de préserver Paris du bombardement et des incendies, des mesures de salubrité publique et des subsistances dont les administrations ordinaires, admirées en d'autres temps, étaient la plupart en désarroi, soit parce que le meilleur de leur personnel était aux armées, soit parce que tout y était en épouvante, en découragement, parfois même en révolte.

Telle est l'œuvre immense qu'entreprit Dorian et pour laquelle il constitua ce *corps du Génie civil* dont le dévouement et les étonnantes aptitudes bientôt acquises, furent un des beaux traits du siège de Paris.

C'est d'abord un des membres de la Société des Ingénieurs, un de ses fondateurs, qui fut en cette occasion le bras droit de Dorian : Victor Bois, secrétaire du ministre des Travaux publics, qui s'y épuisa de travail, et mourut en octobre suivant, sans voir l'accomplissement de son œuvre. Le discours de Vuillemin sur sa tombe est au procès-verbal de la séance du 20 octobre 1870.

Pour constituer la direction du corps du Génie civil, Dorian prit, à peu près au hasard, cinq membres du Conseil de la Société des Ingénieurs, d'une honorabilité notoire, mais bien peu faiseurs, bien ennemis du bruit, presque timides et qui vont cependant se distinguer par leur initiative et leur talent d'organisation : Tresca, sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers dont le chef était le général Morin, Vuillemin, Président de la Société, Louis Martin, Ingénieur en chef comme le précédent, au chemin de fer de l'Est, Laurens et Martelet, tous deux professeurs de mécanique (1).

Cette *Commission du Génie civil*, c'est le nom qu'elle prit, existait déjà depuis quelques jours près du ministre, pour éplucher

(1) Cette commission était ainsi composée :
MM. H. Tresca (M. de la S.), sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, ancien président de la Société des Ingénieurs Civils, Président ;
L. Vuillemin (M. de la S.), Président de la Société ;
C. Laurens (M. de la S.), ancien Président de l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole centrale, ancien Vice-Président de la Société ;
L. Martin (M. de la S.), Ingénieur en chef du chemin de fer de Vincennes, Président de la Société des anciens élèves des Arts et Métiers ;
Martelet, Ingénieur en chef des Mines. (M. Martelet n'était pas membre de la Société des Ingénieurs Civils.) ;
M. Lecœuvre (M. de la S.), fut adjoint comme secrétaire.

la multitude des inventions présentées pour *sauver Paris* et *exterminer les Allemands*, dont on inondait le gouvernement.

Les travaux du corps du Génie civil s'étendirent à tout ce qui concernait le siège et la défense de Paris.

La Commission centrale s'installa très simplement dans le bâtiment sur la rue, au Conservatoire : pour tout mobilier, des sièges dépareillés et trois grandes tables sans tapis : une pour la Commission, une autre pour une demi-douzaine de secrétaires et la troisième pour étaler les plans arrivant des bureaux de la guerre. Pas de formalités, pas de bureaucratie, pas même un garçon à la porte.

Quand une commande était arrêtée avec le ministre, ce qui n'était jamais long, on cherchait à l'almanach du commerce les fabricants de Paris les moins éloignés par leur spécialité du travail à faire : par exemple un fondeur de bronze comme Thiébaut pour couler les canons, un mécanicien comme Cail pour les ajuster, un carrossier comme Herler pour construire les caissons. On les appelait par lettre pour le lendemain. Très peu refusèrent de faire acte de patriotisme, en transformant leur usine en arsenal simplement au prix coûtant.

On arrêtait les clauses du marché toujours bref et précis. Un des secrétaires allait le porter de suite au Ministère et le rapportait signé.

La Commission centrale ne pouvait suffire seule à sa tâche ; à son appel, par une circulaire en dix lignes, il vint dès le premier jour cent cinquante membres de la Société des Ingénieurs ou agents des chemins de fer, parmi lesquels il fallait faire un choix pour composer les Commissions entre lesquelles fut réparti le travail.

Les élus étant réunis autour de Vuillemin, il leur tint presque textuellement ce discours : « Je pourrais vous dire, Messieurs, que vous appartenez à des Compagnies qui continuent à vous payer et qui ont droit de vous imposer un travail moins dans vos habitudes ; mais je suppose qu'il suffit de vous rappeler que vous avez à faire acte de dévouement patriotique et désintéressé, car vous ne serez même pas remboursés de vos frais de déplacement. Je sais bien que vous ne connaissez rien du matériel de guerre, mais vous l'apprendrez et vous ferez votre apprentissage sous les officiers d'artillerie, que vous reconnaîtrez comme chefs. Il n'est même pas impossible qu'après avoir fait des canons vous ne

soyez, plus tard, enrôlés pour les pointer et vous l'apprendrez encore. »

Bien peu refusèrent, et on se groupa en diverses Commissions, autour des chefs de service, sans distinction d'âge, ni d'origine, avec une discipline toute militaire exigeant l'exactitude absolue. Tout fonctionna très bien jusqu'à la fin du siège. On n'a pas entendu parler de conflit.

D'abord il fut de nouveau convenu que la gratuité serait absolue : au Conservatoire où les séances duraient souvent cinq heures et au contrôle dans les usines, dont on ne revenait parfois qu'à la nuit. On ne fit pas un déjeuner aux frais de l'État.

A cette époque de manie de l'uniforme, le corps du Génie civil, obligé d'avoir un signe distinctif, ne voulut avoir qu'une casquette à deux ou trois petits galons d'or avec deux lettres I. C. (Ingénieur Civil). Elle donnait moins l'air d'un officier que d'un distributeur d'adresses et elle se remarquait bien peu. Néanmoins elle causa quelques déboires. Un jour un de nous allant à son service en un faubourg éloigné, fut arrêté comme suspect par des gardes nationaux (c'était la manie du temps) et jeté dans une salle de mairie, avec une cinquantaine d'arrêtés et d'arrêtées de tous âges et de toutes conditions, aussi surpris que lui de leur captivité.

Il comparut enfin devant C... fonctionnaire municipal fort redouté et eut beaucoup de peine à se faire reconnaître et à être libre. Les croquis d'artillerie qu'il avait en poche pour faire ses réceptions à l'usine, furent un moment terriblement accusateurs. Notre camarade du Génie civil était pour ces affolés un espion prenant des notes à porter aux Prussiens.

Une des tâches les plus laborieuses du corps du Génie civil fut la réunion des plans, en nombre suffisant d'exemplaires. On ne connaissait pas encore les moyens actuels de reproduction ; chaque Commission, chacun de ses membres et les soumissionnaires de la fabrication, se passant les plans à tour de rôle, furent obligés de les copier et de se les approprier, souvent par un travail de jour et nuit, où on nous recommanda surtout de les étudier par le menu des détails. Les membres de la Commission après avoir suivi et contrôlé la fabrication, faisaient la réception provisoire, puis on opérait la livraison au Conservatoire, où la Commission centrale faisait avec les délégués de la guerre la réception définitive après retouches, s'il y avait lieu, en un atelier *ad hoc* avec des

ouvriers de premier choix, installé dans l'ancienne église de l'abbaye de la rue Saint-Martin.

Les Commissions se réunissaient autour de leur chef, sans plus d'apparat que la Commission centrale, au moins hebdomadairement, échangeant les remarques, recevant les instructions, toujours avec bonne humeur et sans amour-propre blessé si on avait fait des *écoles*.

Cette histoire du Génie civil, nous l'avons dit, fut aussi celle de presque toute l'industrie parisienne, qui traita de la fabrication aux prix les plus réduits.

Quant aux ouvriers, s'il ne fut pas facile de ramener à l'atelier ceux pour qui ce temps fut l'idéal, puisqu'ils avaient le vivre et l'habillement avec un semblant de service militaire pour tout travail, on put cependant former rapidement d'excellentes équipes d'ouvriers d'arsenaux avec ceux qui sont l'honneur de Paris et qui égalèrent l'entrain patriotique, ainsi que le désintéressement des Ingénieurs et des fabricants, acceptant de très bas salaires et travaillant avec courage de jour et de nuit, au milieu de toutes les souffrances, jusqu'à la dernière heure du blocus. A Grenelle. à Ivry, à Courbevoie, chacun resta à son outil pendant le bombardement. On s'habitue à tout, surtout à Paris : quand le guetteur de l'obus mis en sentinelle poussait le cri : *gare la marmite !* on courait à l'abri qu'on s'était ménagé sous un établi, derrière une machine ou un tas de matériaux; on trouvait encore à rire des obus qui n'éclataient pas, ce qui n'était pas rare. Mais il y avait aussi des explosions formidables avec ravage. On sortait bien pâle de sa cachette; on balayait les éclats brûlants de l'obus; on arrosait ce qui commençait à flamber; on attendait que la fumée et l'odeur fussent dissipées, et le travail reprenait jusqu'à nouvelle alerte avec un étonnant sang-froid.

La faim était le grand tourment : pendant huit jours, les ouvriers de la carrosserie Bournique, à Ivry, travaillèrent quatorze heures aux affûts et caissons, nourris à l'atelier avec l'affreux pain d'avoine et les confitures de betteraves que les épiciers venaient d'inventer à 2 *f* la livre. Heureusement, le vin et le café étaient à peu près à discrétion.

Enfin, on va voir que la mission du Génie civil et de ses collaborateurs fut plus qu'ingrate. Aucun découragement ne leur manqua. Il fallut se heurter à toute l'intransigeance d'esprit de corps, où on ne comprenait pas que ces fabricants de locomotives et de voitures *(sic)* voulussent faire du matériel militaire.

Eh ! sans doute, nous le savions bien, nous avions tout à apprendre, obligés même d'improviser sans délai. C'est peut-être ce qui relèvera le plus dans l'histoire l'audacieuse œuvre du Génie civil, car le découragement ne s'est vu nulle part jusqu'à la fin du siège.

Tous ont été récompensés, non pas, hélas ! par le succès, mais par le sentiment du devoir courageusement rempli. Dix membres de la Société l'ont été par la croix d'honneur, soit pour leurs travaux de défense, soit pour services rendus à l'embarquement des troupes. Ce sont MM. : de Laborie, Rançès, Dietz, Ribail, Barbe, Caillet, Pinard, Plazanet, Faliès, Picard.

II. — Les Canons.

Ceux qui ont appelé le siège de Paris une héroïque folie n'ont peut-être pas su à quel point la défense était nulle. A part les quelques belles pièces marines qu'on avait pu amener avant le blocus et qui furent si admirablement servies par les marins, toutes les bouches à feu garnissant les remparts ont dû faire rire les assiégeants, toujours si bien informés. Il y avait de l'artillerie de tous les types et de toutes les époques : des pièces au Soleil, du temps de Louis XIV, et surtout abondance de ces pièces courtes dites de 12, que plus tard l'armée de la Commune pointa au Trocadéro sur le mont Valérien et qui n'atteignirent que Puteaux, y faisant grand ravage. Quant à la variété des projectiles, un de nos collègues en compte soixante-douze dans un Mémoire relaté ci-après.

L'artillerie de campagne devait être bien pauvre, si nous en jugeons par le petit nombre de pièces qui suivaient les troupes dans ces sorties manquées que nous appelions des reconnaissances et que les habitants de Metz appelaient chez eux des combats de *Rentre-en-Ville*.

La mémorable reconnaissance de Chatou, le jour de l'explosion du pont, partit avec deux canons. Lorsque les mobiles, surpris au Bourget, si brillamment enlevé la veille, demandèrent à Paris du renfort contre les quarante pièces allemandes qui les écrasaient, nous vîmes monter dans la rue Lafayette, à la suite du général Trochu, pour toute artillerie, six pièces du calibre de 4, suivies chacune d'un caisson, plus, en queue du convoi, deux chariots de batterie chargés de planches.

Des canons ! 6 000 canons ! criait-on et affichait-on partout dans

Paris. Sur les boulevards et dans les faubourgs existaient, comme en 1793, des tentes rouges enguirlandées, sous lesquelles le public souscrivait avec ardeur à la fabrication des 6 000 canons sans se rendre compte de ce que comportait un tel effectif. On récolta beaucoup d'argent, versé aux mairies, puis à la Caisse municipale.

Enfin, au commencement d'octobre, il fut décidé au gouvernement qu'outre les transformations en cours d'exécution à l'arsenal de Saint-Thomas d'Aquin et aux ateliers du Ministère de la Guerre et du Louvre, on allait commander à l'industrie privée, sous la direction du corps du Génie civil, non pas le nombre insensé de 6 000 canons, mais 70 batteries de canons, soit 420 pièces, représentant 250 000 *kg* de bronze ajusté, et comprenant, avec les affuts, les caissons et autres, 980 véhicules attelés de 4 760 chevaux.

Voilà ce qu'on demandait en six semaines à des constructeurs ou Ingénieurs de locomotives et voitures, pris au dépourvu avec des documents et plans très incomplets, et sans autres approvisionnements que ceux de leurs propres magasins.

Ajoutons que cette fabrication, divisée en une multitude d'ateliers, sans autres liens entre eux que ceux du corps du Génie civil, multiple lui-même, devait offrir une telle précision d'ajustage, que toute pièce puisse s'emboiter d'un véhicule à un autre.

Et voilà l'œuvre qui fut très convenablement terminée à la fin de novembre.

La fabrication des canons proprement dite comprend deux phases ou industries distinctes : la fonte et l'ajustage.

La Commission du Génie civil chargée de la fonte était présidée par M. Jordan, qui s'associa comme contrôleurs des membres de la Société, anciens officiers d'artillerie, comme Dieudonné, ou anciens polytechniciens connaissant les armes. M. Jordan a publié, dans nos Bulletins de 1870 et 1871, un double Mémoire qui, sous le modeste nom de *Notes sommaires pour servir à l'étude de la fabrication des canons*, n'est rien moins qu'un traité pratique (1).

M. Piou a également publié aux Bulletins une non moins remarquable étude du canon, de ses éléments constitutifs et d'un projet

(1) Au début de ce précieux ouvrage d'études pratiques, nous lisons ce qui suit et qui parut alors presque une monstruosité en certain monde : « Je suis de ceux qui pensent que la défense nationale se fortifiera en laissant largement entrer dans le domaine de l'industrie privée, au lieu de les réserver uniquement à un corps et à des établissements officiels, toutes les questions de mécanique, de métallurgie, de chimie et d'administration relatives à la fabrication des armes et des munitions, à l'exemple de l'Angleterre, de l'Amérique et de la Suisse.»

de projectile téliforme. Enfin, Émile Barrault, en séance du 11 novembre, a fait une communication sur les savantes études du pointage des canons, présentée à l'Açadémie des Sciences par Yvon Villarceau, successeur de Vuillemin à la présidence de la Société des Ingénieurs Civils.

Mais dans ces communications presque rien n'est relatif à l'artillerie du siège. Rien ne fut alors décrit, peut-être par prudence. Ce sont nos seuls souvenirs qu'il faut consulter.

Le canon de 7. Ainsi nommé du poids de son projectile, avait 85 *mm* de diamètre intérieur à l'âme. A l'extérieur ce diamètre grandissait de 150 à 317 *mm*; avec une longueur totale de 2,12 *m*, un poids brut de 800 *kg* à la coulée, réduit ensuite à 600 *kg* par le forage et l'ajustage ; soit en tout 650 *kg* environ avec la culasse.

Car le public était alors si persuadé qu'il n'y avait de possible que le canon rayé chargé par la culasse, qu'on n'aurait pas pu faire autrement celui du Génie civil. On adopta le système Pottier-Reyffie, en bronze à rayure hélicoïdal, avec fermeture à volet et vis d'acier pour la culasse, et projectile cylindro-ogival.

Le jour même de la constitution du corps du Génie civil le choix du canon fut fait. On distribua dans les bureaux de dessin des chemins de fer les plans à dresser pour la fabrication et les spécifications à rédiger. Les ateliers des mêmes Compagnies firent pour le contrôle en fabrique, les calibres, gabarits et autres outils de vérification.

Le même jour on appela les fondeurs en bronze de Paris : Cail, Lavessière, Broquin, Gueldry, Thiébaut, Barbedienne, Christoffle, répondirent à l'appel avec empressement et on distribua à chacun une première commande de vingt canons au prix coûtant. Les ateliers de chemins de fer ayant fonderie de bronze prirent aussi un lot.

La composition du bronze, bien qu'en très peu de jours, fut soigneusement étudiée parmi les formules si variées depuis celles où n'entrent que le cuivre et l'étain purifiés jusqu'à celles où entrent le plomb pour adoucir l'ajustage, ainsi que le zinc, l'antimoine, et même le fer.

L'admirable bronze de Keller, aussi célèbre sous Louis XIV pour l'artillerie que pour la statuaire, est très compliqué. Le bronze antique est généralement simple et il contient du plomb.

Plus tard, lors de la réédification de la colonne Vendôme, qui avait été, dit-on, construite avec les canons d'Iéna et d'Austerlitz, nous avons eu l'occasion d'analyser plusieurs de ces bronzes

au laboratoire du chemin de fer de l'Est, et nous avons pu reconnaître combien était grande cette variété des bronzes d'artillerie, depuis le bronze rouge, presque de cuivre pur, jusqu'au bronze aux six métaux.

Comme résultante de toutes ces études on admit pour le canon du Génie civil la formule 88 cuivre + 12 étain. C'était un poids total d'environ 300 *t* de métal à réquisitionner dans Paris. On fit les analyses préalables aux laboratoires du Conservatoire, des chemins de fer, des écoles centrales et des mines. Les fours à fondre n'existaient pas chez tous les fabricants, et comme les fours sont assez longs à construire, plusieurs ateliers fondirent aux creusets.

Le moulage et la coulée se sont faits à l'ordinaire : avec un modèle en bois grossi, en prévision du retrait, et moulage en *terre d'étuve*, non seulement séchée mais pour ainsi dite cuite à feu vif; on coula en fosse la pièce pleine et debout, la culasse en bas, avec une *masselotte* haute de près de 1 *m* pour obtenir un métal à grain serré par la compression. Il y eut ensuite douze heures de refroidissement avant le démoulage.

Ne taisons pas qu'on eut d'abord des mécomptes. Le bronze est notoirement une des plus belles industries de Paris pour la statuaire et la machine, où les épaisseurs ne sont jamais grosses; mais autre est l'artillerie massive. Ces fondeurs improvisés eurent donc, au début, des coulées manquées : soit qu'on ait versé trop chaud et trop liquide, soit insuffisance de brassage préalable des deux métaux, il y eut des cas de *liquations* ou séparation en vertu des densités différentes : cuivre 8,78, étain 7,30.

Il y eut aussi des bronzes aigres ou bien trop mous malgré les soins de l'analyse pour avoir des métaux purs. Enfin il y eut ces défauts dits : soufflures, piqûres, chambres, sifflets, qu'on peut aveugler sans inconvénient dans la statuaire, mais dont le moindre est inadmissible en artillerie. Et si on citait la jolie couleuvrine de l'esplanade des Invalides qui est criblée de piqûres, il faudrait observer qu'elle n'est qu'une pièce de parade n'ayant jamais reçu une charge.

Bientôt chaque fondeur eut fait son apprentissage et des canons sortant de leurs mains purent, en toute satisfaction, être remis aux ateliers d'ajustage.

L'ajustage du canon, y compris le forage, la rayure et la pose de la culasse fut donné aux ateliers des chemins de fer de l'Est, du Nord, d'Orléans et de Lyon, plus aux constructeurs Cail,

Claparède, Flaud, Séraphin, Hermann-Lachapelle, Varras, Calla-Chaligny et Pihet. La Commission du Génie civil préposée à ce service eut pour chef M. Callon.

Le mécanisme de la culasse fut généralement sous-traité aux fabricants d'instruments de précision.

L'ajustage a présenté peu de particularités : la coupure de la masselotte, le centrage sur le tour, l'écroûtage, la recherche rigoureuse des défauts, sont des opérations bien connues, ainsi que le tournage extérieur, y compris celui des tourillons. Viennent ensuite le forage et la rayure.

Le forage de la pièce massive s'est fait d'abord en perçant *à la mèche* un premier trou central qu'on a mis ensuite au calibre voulu par l'alésage ordinaire des ateliers de mécanicien, ce qui était facile puisque la pièce était percée d'outre en outre, à la différence des anciens canons.

La rayure héliçoïdale vint enfin avec un outil d'une marche mathématique que chaque fabricant dut inventer, et il y eut de merveilleux instruments.

La construction de la pièce était complète, on l'essayait à l'atelier, en présence du contrôleur, à la plus haute pression possible de la presse hydraulique ; on en faisait la réception provisoire, on inscrivait son numéro d'ordre et on livrait au Conservatoire entre les mains de la Commission centrale qui, avec les délégués du ministère de la Guerre, procédait aux essais de tir, après lesquels venait enfin, s'il y avait lieu, la réception définitive et la remise à l'armée quand elle voulait bien la prendre.

A l'essai de tir on visait utilement sur l'ennemi autant que possible, étudiant à la lunette de longue-vue la portée et les effets, quand on pouvait voir cet ennemi si souvent caché et invisible. Les essais se faisaient ordinairement par série à Saint-Ouen et à Vincennes, donnant lieu à de stridentes canonnades qui mettaient Paris en émotion à la pensée qu'il s'engageait une action qui pouvait être décisive. Certains de ces essais furent aussi faits au fort de Montrouge. On bâtissait là-dessus un beau récit de combat, où revenait l'invariable finale de la retraite en bon ordre, après avoir foudroyé des masses de Prussiens. Tout ce bruit n'avait été que l'épreuve de la nouvelle artillerie sous la présidence de Vuillemin, Tresca et Jordan.

D'autres engins de guerre, moins directement construits sous la direction du Génie civil, ont au moins occupé les séances de la Société, savoir : la *Joséphine* le légendaire canon du commandant

Labrousse, la *Canonnière Farcy* construite chez Claparède, la *mitrailleuse à dos de cheval*, le *canon à vapeur* et le *pylône d'observation* d'Evrard. Enfin une sorte de feu grégeois lancé mécaniquement, de M. Decams. Ces instruments ont eu leur popularité sous le siège. Il suffit de renvoyer aux bulletins et aux procès-verbaux de séances qui les relatent.

III. — Affûts et Caissons.

Avec les canons de campagne marche un matériel considérable : les affûts avec leur avant-train, les caissons, chariot de batterie et forge volante ; en tout, par batterie, quatorze véhicules à quatre roues, effectif de cette époque. Pour la totalité des batteries, il a fallu environ deux mille stères de bois de choix et un million de kilogrammes de métaux en menues pièces.

Une description est inutile : elle se trouve dans tous les musées et publications d'artillerie, les types s'étant conservés longtemps après la guerre. Une communication a été faite en séance du 6 janvier 1871.

La Commission du Génie civil chargée de présider à la confection de ce matériel par l'industrie privée, avait pour chef M. Bricogne, Ingénieur en chef au Chemin de fer du Nord. Les douze membres de sa Commission furent pris aux Chemins de fer du Nord et de l'Est.

La commande de la fabrication a été distribuée aux quatre ateliers de chemins de fer déjà relatés et à presque tous les carrossiers de Paris, qui eux-mêmes ont sous-traité les détails à une multitude de charrons, de menuisiers et de serruriers pour les ferrures dont il y a trente-quatre types dans l'affût et cinquante-deux types dans un caisson. C'est principalement pour ce matériel accessoire des canons que presque toute l'industrie parisienne a donné son concours.

Le coffre à munitions a passé par quatre mains : le menuisier ayant assemblé les bois, l'envoyait chez le doubleur qui l'enveloppait de tôle ; le ferreur appliquait ensuite les charnières, poignées et autres pièces exigeant toutes la précision ; enfin venait le compartimenteur qui divisait le coffre en loges pour les obus et un nombre égal de gargousses, emmanchées trois par trois dans une boite en noyer.

Le Génie civil s'est longtemps souvenu du coffre à munitions

qu'il fallut modifier plusieurs fois pour une différence de quelques millimètres. On nous remit un dessin plus un modèle en bois et on déposa au Conservatoire un coffre-modèle que chacun vint étudier. Vérification faite, rien ne concordait et le chef de Commission, Bricogne, passa huit jours à courir du ministère à l'arsenal pour faire arrêter le vrai type.

Quand, après la réception définitive au Conservatoire, on voulut charger les projectiles dans les coffres, les uns trop courts dansaient dans leur loge, les autres étaient trop longs, et les coffres ne fermaient plus. Bricogne, jamais découragé, se remit en campagne et il eut bientôt le secret de ce qu'on appelait déjà en certain monde, les stupidités du Génie civil. Les coffres étaient bien conformes au type convenu, mais chez les fondeurs d'obus on avait admis sur la longueur une tolérance de 3 *mm* en plus ou en moins ; de sorte qu'entre ces deux extrêmes il y avait des obus de toutes longueurs à loger dans les coffres à munitions où tout doit être casé comme dans un nécessaire de voyage. Après trois jours de discussion il fut arrêté qu'il n'y aurait plus qu'un seul type d'obus et de coffres.

Les boites à gargousses donnèrent aussi bien du mal. On les fit d'abord, par ordre, en chêne bien sec ; bientôt il fut introuvable. Après avoir fait les boites avec toutes espèces de bois d'ébénisterie, de l'ébène, du citronnier, on les fit finalement en mince tôle garnie de toile et ce ne furent pas les moins bonnes.

Pris de même au dépourvu pour les affûts qui devaient être en chêne ou en frêne, on fut obligé d'y employer l'acajou massif.

Dans ces constructions si neuves pour nous, où nous étions à peine dirigés par les hommes du métier qui avaient promis leur concours, notre apprentissage ne fut pas exempt de ce qu'on nomme des écoles. L'un de nous, chez un des plus illustres carrossiers de Paris, laissa faire à trop vive arête le petit trou de la clavette où passe une lanière de cuir empêchant de sauter la clavette qui retient les rondelles et la roue sur l'essieu. Ce petit oubli causa une grande mortification au Génie civil. Une bande de ces défenseurs bruyants de Paris qui s'agitaient plus qu'ils ne combattaient, s'étaient emparée d'un canon monté sur l'affût, à sa sortie d'atelier et elle le promenait triomphalement sur les boulevards, au milieu des acclamations. Tout à coup l'une des roues s'échappe de l'essieu, la pièce verse, est avariée et piteusement ramenée au Conservatoire. La lanière s'était coupée sur l'arête trop peu arrondie de la clavette qui avait alors sauté et rien n'a-

vait plus retenu les rondelles et la roue. Voilà à quels accidents la négligence d'un infiniment petit peut conduire en industrie.

Après les premiers tâtonnements ce matériel improvisé avec les matériaux qu'on put avoir, donna toute satisfaction et les retouches au Conservatoire devinrent rares.

L'apprentissage et la main acquise avaient été d'autant plus laborieux qu'il avait fallu vaincre des habitudes prises et froisser des amours-propres. L'industrie de la carrosserie, l'une des gloires de Paris, n'avait pas alors, même dans les meilleures maisons, cette précision et ce travail d'ensemble qui égalent aujourd'hui ceux des ateliers de machines. On travaillait *à l'œil* avec élégance, mais il n'aurait pas fallu chercher l'exactitude des dimensions d'organe au millimètre près, comme nous l'exigeons dans une locomotive. Quand les contrôleurs du Génie civil vinrent avec leur série de calibres et gabarits de vérification, on s'étonna; mais on se récria quand ils exigèrent des fabricants cette même précision et la confection de ces mêmes gabarits.

Plus tard, la plupart ont chaudement remercié le Génie civil de leur avoir appris ces procédés de travail précis, reconnaissant depuis longtemps, disaient-ils, la nécessité de se perfectionner et de ne plus entièrement dépendre de leurs ouvriers, mais ne connaissant pas encore les méthodes dont se servaient nos ateliers de grandes constructions mécaniques.

Le matériel de guerre du siège de Paris a eu aussi les *voitures-cuisines*. Le premier projet en fut dressé par M. Georges Ville, professeur du Muséum, en décembre, dans le but de porter aux grand'gardes et à la tranchée des aliments et des boissons chauds en ces jours de si grands froids.

Le spécimen d'une voiture à deux chaudières présenté au gouvernement de Paris fut agréé et M. Bricogne fut appelé au ministère de la Guerre pour ajouter à ses travaux l'étude définitive et la direction de la fabrication de vingt *voitures-cuisines* ou *cuisines volantes*, qui furent commandées à Belvalette, alors l'un des carrossiers en renom, pour être livrées fin janvier.

La voiture-cuisine, composée d'un avant-train et d'un arrière-train, portait une caisse en deux compartiments, l'un formant office avec tablette, tiroirs et crochets de suspension, l'autre contenant deux fourneaux à foyer intérieur et double circulation de fumée, chacun avec marmite de tôle étamée de la capacité de 325 *l*.

Ce véhicule portait à la tranchée la boisson chaude maintenue

à 50°, bien que les feux fussent éteints à la tombée du jour pour ne pas offrir de point de mire aux Prussiens. Ce résultat, comme celui du service de nos pauvres soldats, fut très heureusement atteint. Ces voitures-cuisines, garées après le siège au parc de Versailles, y causèrent longtemps beaucoup de curiosité.

En plus des affûts d'artillerie de campagne, tous les affûts en bois des grosses pièces de position furent commandés à l'industrie privée par la Commission du Génie civil, en remplacement de ceux trouvés en mauvais état au début du siège.

IV. — Munitions. — Outillage. — Attelages.

L'artillerie et ses véhicules étaient créés. Il fallait les projectiles et la poudre. Cette partie de la tâche du Génie civil ressortit de la Commission des canons présidée par Jordan et Petit-Gand.

M. Lapainteur, membre de la Commission, dirigea à lui seul, en novembre et décembre, tant pour l'artillerie du Génie civil que pour les autres canons, la fabrication de 178 000 projectiles de neuf types divers, représentant 2 millions de kilogrammes en fonte moulée. Au 15 janvier suivant, on en avait livré 200 000. Plusieurs fois la fonte manqua. On fut sur le point de ramasser les couvercles de bouches d'égout et les grilles entourant le pied des arbres sur les boulevards. On parla même de prendre les candélabres à gaz, devenus inutiles puisqu'il n'y avait plus de gaz pour éclairer les rues. Les Parisiens en firent le sacrifice comme ils avaient fait celui des bois de Boulogne et de Vincennes, rasés pour la défense. Mais on parvint à réunir dans les ateliers et au Conservatoire, des appareils qu'on put sacrifier, mettre sous le casse-fonte et jeter au cubillot. D'ailleurs, les Prussiens nous envoyaient tant de projectiles qu'on en retira 2 000 d'une pièce d'eau voisine du fort de Nogent; on put leur renvoyer leur propre fonte et sauver les beaux candélabres récemment bronzés par la galvanoplastie et qui devaient offrir de si curieuses transformations de métal, après avoir été chauffés dans les incendies de la dernière semaine de la Commune.

Le projectile des canons du Génie civil, du type cylindro-ogival et sa gargousse à anneaux de poudre moulés, sont décrits dans les communications précitées de MM. Jordan et Prou et dans celle de M. Séverac qui a exposé les diverses phases de la fabrication. (Voir bulletin et procès-verbaux des séances 1870 et 1871.)

Bornons-nous à dire que l'obus moulé en châssis spécial était creux, tourné, habillé de cordons de plomb après décapage à l'acide, et chargé de poudre en grain que devait enflammer une fusée percutante en cuivre vissée à la pointe du projectile.

Nous n'avons pas besoin de dire qu'on a menti en disant à l'étranger que ces obus étaient chargés de *matières infernales défendues par le droit des gens.*

La fabrication de la poudre et la fourniture du salpêtre désespérèrent un moment la défense ; le grattage des vieux murs en donna un peu. Notre collègue Clémandot proposa d'obtenir le nitrate de potasse extrait du suint des laines. La Société des Ingénieurs entendit sa communication à l'une de ses séances. Sur sa demande et sous sa direction, le ministre Dorian imposa aux mégissiers chargés de fournir aux troupes 100 000 paletots de peaux de mouton, de les laver en cuves et non dans la Bièvre, suivant leur usage encore malheureusement actuel. Après évaporation de l'eau de lavage à siccité et lixiviation du résidu calciné, on le traitait au nitrate de soude.

Enfin un décret prescrivit aux habitants de recueillir avec soin leurs cendres de ménage pour en extraire la potasse. Des commissaires vinrent dans nos maisons ; on se rappelle avec quelle satisfaction ils emportaient un seau de ce qu'ils appelaient une belle cendre de bois pur ; et leurs reproches quand elle était mêlée de cendres de houille, qui n'ont pas de potasse.

Mais le bois manquait déjà : on avait bien peu de cendre avec la bûche de bois vert, pauvre ration qu'on allait si péniblement chercher au chantier et qu'on débitait ensuite comme on pouvait avec les hachettes impossibles que vendaient des camelots. La pénurie était telle que lorsque la Compagnie du chemin de fer de l'Est distribua à ses employés 50 *kg* de bois de chauffage, débris de wagons détruits, ce fut une largesse qui fit sensation. C'était à Noël, il gela à 23° au plateau d'Avron et on raconta que lorsque le commissaire recueillant les cendres à domicile se présenta en un riche hôtel du faubourg Saint-Germain. on lui répondit que depuis plusieurs jours on n'avait aucun combustible de chauffage et qu'on restait au lit une partie du jour pour ne pas mourir de froid.

L'artillerie du Génie civil était complète avec ses munitions à la fin de novembre. Elle avait les outils de service sans lesquels un canon ressemble à une serrure sans clé, tels qu'écouvillon, hachette, limes, seau, etc. Ce fut, dans la fourniture, la part des

quincailliers, et, pour une grosse partie, celle de M. Gautier, membre de la Société des Ingénieurs.

Ces articles se tirent ordinairement des Ardennes : nos quincailliers de Paris durent former des ateliers de fabrication dans leurs boutiques, où on installa jusqu'à des marteaux-pilons, grande curiosité pour les passants, auxquels on donnait volontiers entre deux chaudes, l'amusement du traditionnel cassage de la noix sous la frappe.

Il fallut ensuite des chevaux à la nouvelle artillerie et des harnais. Ces derniers furent commandés chez les selliers de Paris, et ceux mêmes qui avaient la spécialité de la sellerie de luxe, firent avec empressement le gros harnachement d'artillerie.

Quant aux chevaux, on eut ceux des Compagnies de voitures publiques et de factage, mais l'effectif ne fut pas facile à réunir. Beaucoup avaient fourni aux boucheries le fameux *bœuf de cavalerie*, ou bien avaient péri soit à l'écurie, soit aux champs de bataille d'où on les rapportait aux abattoirs en charrette, boueux, sanglants et raidis. Enfin, parmi les chevaux disponibles, le plus grand nombre non habitués à l'artillerie, s'épouvantaient, refusaient service et causaient désordre. Cependant là encore, par des prodiges de patience, on parvint à former des attelages et des conducteurs suffisants.

Il ne manquait plus que les artilleurs : l'armée régulière elle-même n'en avait pas assez ; quand vint la capitulation, on allait embrigader tout ce qui, dans le personnel des chemins de fer et à la Société des Ingénieurs, pouvait faire un artilleur avec un court noviciat. Un certain nombre étaient déjà inscrits, même d'office, comme pointeurs et avaient été avisés de commencer leur apprentissage, éventualité qui, on l'a vu, leur avait été annoncée dès les débuts de la formation du corps du Génie civil.

En descendant de chez leur chef de service, deux de ces messieurs rencontrèrent leurs femmes qui revenaient de la mairie faire régulariser leur carte de rationnement de vivres :

— Nous allons être artilleurs, dirent-ils.

— Ah ! répondirent ces dames aussi froidement que si on leur eût annoncé une affaire qui retarderait la rentrée pour le dîner domestique comme lorsqu'on revenait du contrôle des usines.

Nous verrons comment a peu servi tant de résignation et de travail.

V. — Les moulins du siège.

Dans les premiers temps du blocus, l'approvisionnement des farines était considérable ; leurs sacs, ainsi que les blés, formaient une montagne sous l'ancienne coupole Hittorff (1), aujourd'hui presque disparue sous les nouveaux agencements de la Bourse du commerce.

Pareilles accumulations existaient aux greniers d'abondance du quai Bourbon que devait brûler la Commune et dans tous les monuments publics disponibles : au nouvel Opéra inachevé et dans des églises en construction. Plusieurs de nos camarades de la Société des Ingénieurs se sont employés à ménager parmi ces amas des agencements de passage et d'aérage.

Mais on avait compté sans deux faits qui firent consommer en trois mois un approvisionnement qui, bien ménagé, eût permis peut-être de soutenir un an de siège. D'abord, il y avait surabondance de population. Ordinairement les bouches inutiles sortent d'une ville assiégée ; beaucoup de Parisiens se firent au contraire un point d'honneur de rester alors même qu'on ne pouvait être qu'un consommateur.

En outre, on avait fait entrer 100 000 soldats de la mobile, d'une bravoure mémorable, qui eussent été peut-être plus utiles à l'armée de la Loire ; mais surtout on avait reçu dans Paris les campagnards fuyant avec leurs bestiaux l'invasion à mesure qu'elle avançait, et qui campaient dans les rues quand ils ne trouvaient pas de maisons abandonnées.

Eux surtout firent le saccage des vivres et ils en nourrissaient leur bétail. Aucune police n'intervenait, pas plus qu'elle n'empêchait les approvisionnements secrets de ces égoïstes qui se vantaient plus tard de n'avoir jamais éprouvé les souffrances de la famine.

Celle-ci apparut comme un coup de foudre. Au matin de la panique, non seulement les boulangeries mais les pâtisseries avaient leurs vitrines garnies. A midi tout était enlevé parfois à prix d'or. Le gouvernement eut beau tranquilliser en affirmant qu'il restait encore des provisions de céréales, le rationnement qu'on imposa de suite avec rigueur démentait les proclamations rassurantes.

(1) L'architecte Hittorff, le premier peut-être qui ait employé le fer et la fonte dans la construction des édifices, a été membre de la Société.

— Oui, disait-on, il y a des grains, mais pas de moulins pour moudre.

Les moulins n'existaient pas ; mais pour les installer, Vuillemin, l'un des membres de la Commission centrale au Conservatoire, avait reconnu à la gare du chemin de fer de l'Est des meules venues de la Ferté-sous-Jouarre, dès les premières craintes du siège, sur l'ordre de Clément Duvernois, ministre de ce cabinet de quinze jours qui fut le dernier de l'empire. On découvrit d'autres meules aux gares de l'Ouest et de Lyon.

Tresca, Vuillemin et Laurens, mirent une extrême énergie à obtenir du gouvernement qu'on se servît de ces meules pour organiser des moulins aux diverses gares de chemins de fer où on trouva du personnel connaissant suffisamment la meunerie.

On fit aussi aux ateliers Cail, à Grenelle, un très remarquable moulin à 300 tournants de petites meules verticales. Mais l'entrée en fut interdite même aux amis de la maison et il ne fut visité que par les obus prussiens de Châtillon qui y portèrent plusieurs fois le ravage et la mort.

L'installation de ces diverses meuneries du Génie civil a pu être perfectionnée dès le premier jour, grâce aux savantes études d'Yvon Villarceau sur *le mouvement oscillatoire des meules*, présenté à l'Académie des Sciences, ainsi qu'à la Société des Ingénieurs en sa séance du 20 janvier 1871.

Ces installations de moulins furent faites avec un prodige d'activité, par un travail de jour et de nuit. En très peu de temps Paris put avoir un pain très passable tant qu'on eut de la vraie farine de froment.

Il existe des photographies de la meunerie de la gare de l'Est et nous pouvons la décrire. Dans une des halles, longue de 70 *m* de la gare aux marchandises, étaient alignées trente-sept paires de meules, grand modèle, actionnées par des machines à vapeur, qui n'étaient autres que des locomotives calées sur place et dont les roues motrices étaient converties en poulie-volant actionnant l'arbre général de transmission que portait la charpente ; chaque paire de meules ayant, avec indépendance, sa poulie de commande et sa courroie.

Avant les meules, le grain passait par le crible. A la sortie, un blutoir séparait la farine du son; tous deux allaient à leur sac suivant l'ordinaire. Des wagons sur petite voie ferrée desservaient toute la meunerie.

On fit d'abord de la farine un peu bise où le seigle entrait avec

le froment. Peu à peu on introduisit l'avoine, l'orge, le maïs; puis finalement la vesce et la féverole, le blé n'entrant plus que pour le principe, le tout grossièrement bluté, non sans mélange de paille, et on eut le légendaire pain du siège, noir, visqueux, impossible à manger frais, et dont la ration quotidienne descendit jusqu'à 30 grammes par bouche. Néanmoins quand après la capitulation de Paris revint le bon pain blanc, on était si consterné qu'on le revit sans plaisir.

Il ne restait plus, d'autre part, que la viande des chevaux tués au champ de bataille, ceux de l'assiégeant comme ceux de l'armée de Paris.

Dans une de nos séances un de nos camarades trouva encore à rire en observant, à l'égard des premiers, que nous avions eu à Paris la satisfaction de manger du Prussien.

Une des commissions du Génie civil avait eu mission de s'occuper de la conservation des vivres, et c'est peut-être celle qui eut à vaincre le plus d'oppositions et de routine. Des accumulations de légumes avaient été faites dans les sous-sols des Halles avant le blocus, mais sans méthode. Il fallut quinze jours de luttes et de recherches pour enlever les amas déjà corrompus et pour obtenir d'aérer le reste avec des tuyaux constituant une sorte de drainage dans les tas.

Quant aux conserves de viande, Émile Barrault a fait une communication à la Société en la séance du 28 octobre 1870. Les belles bêtes vivantes parquées, au début du siège, aux bois de Boulogne et de Vincennes, avaient été rentrées ensuite derrière les fortifications et gisaient maigres et toussantes sur des semblants de litière. Les conserves qu'on fit à la hâte, avec un personnel inexpérimenté, et qu'on renferma dans de vieux tonneaux réquisitionnés à Bercy, se trouvèrent corrompues.

Un des membres de la Société, M. Badois, imagina l'*osséine*, ou tablette de bouillon d'os, sur lequel la Société entendit avec intérêt une communication. Dans la circonstance, ce fut un bienfait qui dédommagea un peu de la perte des conserves sur les quelles on avait fondé tant d'espérances.

Quant aux viandes gâtées, ce fut une affaire de s'en débarrasser sans donner la peste, et il y fallut beaucoup de courage chez les membres du Génie civil et chez leur personnel de manœuvres.

La commission de salubrité, composée de ses agents ordinaires et de ses auxiliaires du Génie civil, trouva, d'autre part, d'in-

croyables foyers d'infections, et elle eut aussi à soutenir bien des luttes.

Dans un hôpital recevant des blessés on trouva le puits de l'eau potable infecté par des infiltrations de fosses d'aisances. On s'était plaint d'abord, puis on s'y était habitué ; mais il ne fut pas facile d'aller chercher d'autre eau. Chez un restaurateur en vogue on trouva un vaste charnier rempli de vermine. Il n'enlevait pas ses détritus et ne savait où les mettre. On ne finirait pas de citer les exemples de cette incurie; nous terminons par celui d'un des plus beaux hôtels du faubourg Saint-Honoré, abandonné par ses propriétaires et occupé par des réfugiés de la campagne avec leurs bêtes installées dans un vaste salon converti en une immonde étable. Il a fallu des prodiges de chimie pour assainir ces nouvelles écuries d'Augias où des trésors d'art ont été perdus.

VI. — Les Pompes à incendie.

MM. Callon, Émile Muller et Monbro ont été spécialement les organisateurs de la section des travaux du Génie civil en prévision des incendies et du bombardement. C'était le principal objet de la terreur publique : toutes les nouvelles qui nous venaient de province et de l'étranger nous annonçaient la volonté allemande de *faire la fin de Paris* et de rendre terrible le *moment psychologique*.

Nos collègues précités ont communiqué aux séances de la Société des Ingénieurs et inseré aux Bulletins de 1870-71, la description des installations dont on chargea leur Commission.

La caractéristique principale fut l'arrivée des pompes à vapeur, système Merry-Weather, qu'on vit à Paris pour la première fois, mais que Londres possédait depuis dix ans. Elles entrèrent quelques heures avant l'interruption de la circulation sur le chemin de fer de l'Ouest. D'autre part, M. Vuillemin venait de faire construire une petite pompe également à vapeur aux ateliers de l'Est.

Restait à résoudre deux problèmes : d'abord organiser les prises d'eau dans la Seine, le canal et les puits qu'on trouva ouverts. On en découvrit d'autres qui avaient été supprimés et bouchés à leur orifice. Jusqu'à la restauration de Paris après les deux sièges, il y eut un large et profond puits au milieu de la place de la Trinité. On dut ensuite fournir pour les pompes à vapeur un per-

sonnel de conduite et d'entretien, recruté parmi les chauffeurs et ouvriers de chemins de fer.

On créa pour chaque pompe un poste composé d'un Ingénieur chef de service, un mécanicien et son chauffeur, un sergent de pompiers et son équipe, une autre équipe d'ouvriers ajusteurs; on ajouta les chevaux pour traîner la pompe et ses accessoires.

En même temps, la Commission du Génie civil, sous la présidence de Callon, organisa le télégraphe réunissant les postes de secours, dispositions aujourd'hui partout courantes, mais dont on n'avait pas l'idée à Paris avant la guerre de 1870.

Relatons enfin une création d'appareils de secours que le siège valut à Paris, mais qu'avaient vus à Londres ceux de nous qui y visitèrent l'exhibition universelle de 1851 : ce sont les échelles à charnières et à rallonges, montées sur chariot, s'appliquant à tous étages de maison en feu. On ne peut taire que construites avec trop de hâte et trop peu d'expérience, elles n'avaient pas les perfectionnements de celles que nous voyons aujourd'hui dans le matériel municipal des sapeurs-pompiers.

L'une des installations les plus intéressantes en prévision de l'incendie, spécialement l'œuvre de Callon, fut celle du Grenier d'abondance, immense bâtiment sur le bord du canal, contenant les blés, que devait brûler la Commune et dont les ruines, sorte de muraille crénelée restèrent longtemps une curiosité.

Le service de secours contre le bombardement et l'incendie prit plus tard beaucoup d'ampleur entre les mains du Génie civil sur la demande de M. Willerme, commandant de sapeurs-pompiers; il y mit un libéralisme bien différent de l'intransigeant esprit de corps qui opposa tant de résistance en d'autres services.

Il n'y avait pas à redouter que le bombardement; partout dans Paris existaient des amas de fourrages et de grains, de pétrole et de bois, plus des ateliers dangereux, qui pouvaient brûler tout Paris; et de fait, il y eut au cours du siège beaucoup d'incendies et d'explosions.

Le bombardement salua Paris pour les fêtes de Noël et du premier de l'An; mais on le prévoyait depuis longtemps. Les instructions rédigées avec le concours des Ingénieurs civils, et affichées jusque dans nos maisons, prescrivaient les premières mesures à prendre. Chacun avait emballé ses objets précieux et préparé sa descente dans les sous-sols, non sans danger d'être emprisonné sous les décombres. Les tonneaux d'eau sur les paliers d'esca-

liers, le sable pour étouffer le pétrole, les hachettes, les crochets, les couvertures, les éponges au bout d'une perche étaient préparés, et on en faisait l'exercice.

Dans les musées on avait enlevé et mis en sûreté les principaux trésors d'art; on avait blindé les fenêtres avec des mottes de gazon, qui les avaient rendus obscurs comme des caves, et couvert de cages en madriers ou plâtré les statues dans les jardins.

C'est en cet état, qu'à leur entrée du 1er mars, Paris fut présenté aux Allemands qui se montrèrent très irrités et promirent hautement de se venger de ce qu'ils crurent être une mystification voulue.

D'où est venue la croyance populaire que ces incendies des monuments les plus chers aux Parisiens, n'ont peut-être été allumés que par des *instruments* plus ou moins inconscients, plus ou moins cosmopolites et habilement excités.

Ce qui est étrange, ce fut que toutes ces précautions disparurent peu après la capitulation. Rien ne protégea plus contre les incendies et canonnades du second siège, qui firent tant de ravages et anéantirent des trésors intéressant la civilisation de tous les pays.

Sous le premier siège, le commandant Villerme s'était fort préoccupé de faire au feu dans les monuments publics la part la moins dommageable. Déjà mis en rapport avec le Génie civil au sujet des pompes à vapeur, il lui demanda de faire étudier les systèmes de construction et les places où il faudrait mettre, avec le moins de mal, s'il était possible, la hache et la lance d'eau à l'heure voulue.

La Commission supérieure du Conservatoire forma à cet effet des délégations d'Ingénieurs et d'architectes attribuées aux palais menacés. Nous pouvons parler de celle du Louvre qui fut très courtoisement reçue par la direction et fit avec son personnel beaucoup de travail.

On commença par étudier le palais du haut des toitures. Le capitaine des pompiers qui guidait ces messieurs, pas tous jeunes, se donna le malin plaisir de les promener dans les gouttières et à de très mauvais passages. Pas un ne broncha et il finit par les complimenter de leur crânerie de vieux pompiers, disait-il, et par leur demander pardon.

On composa des équipes de surveillance à factions successives. Dès que le bombardement commençait en la direction du Louvre, ordinairement à la nuit, on préparait la pompe à vapeur dans la grande cour. Le poste de vigie, dont un Ingénieur et un archi-

tecte, montait en faction d'une heure par 12° de froid, sur le haut du dôme du pavillon de l'horloge, d'où on embrassait tout pour donner le signal des secours.

Ces travaux et cette résignation ont été heureusement inutiles. Aucun obus prussien ne put atteindre le Louvre. Le plus avancé a frappé le palais Mazarin sans grand mal. Un autre est tombé à Saint-Germain-des-Prés, dans le logis de l'abbé Moigno, savant réputé, qui en a fait la monographie.

VII. — Les Ponts de Champigny.

Nous n'avons pas à raconter la bataille de Champigny, dont la première journée donna tant d'espérance et où le général Ducrot fit bien son possible pour réaliser sa fameuse promesse, de ne rentrer que mort ou victorieux.

En aucune des luttes du siège de Paris, les Ingénieurs ne déployèrent plus d'activité et d'initiative courageuse, depuis la *légion du génie* de Viollet le Duc et Alphand, jusqu'aux Ingénieurs de toutes origines attachés isolément au corps d'armée. Sous les feux des positions allemandes travaillèrent les Ingénieurs de l'État Krantz, Lemasson, Orsel, Ducrot, Baude (1) ; les Ingénieurs civils Pronier, de Dion, Trélat et une dizaine de leurs camarades ; le chimiste Déhérain ; un avoué de Paris Petit-Bergonz, transformé en brave soldat du génie ; l'entrepreneur de travaux publics Lasnier avec ses soixante ouvriers et tout son matériel.

A la seconde journée, la Commission centrale du corps du Génie civil, Vuillemin en tête, alla au champ de bataille, évidemment pas par curiosité, mais dans un but d'utilité publique aujourd'hui oublié.

Des travaux de tous ces ingénieurs en cette action mémorable, nous ne voulons relater que la jetée des ponts sur les deux bras de la boucle de Marne, pour donner passage à l'armée de sortie.

Il faut rappeler que dès nos premiers désastres on avait partout rompu les ponts, détruit les chemins de fer et fait sauter leurs tunnels. Quand l'armée plus maîtresse d'elle-même ne le faisait pas dans sa retraite, les affolés de la localité, sans ordre ni répression se livraient à des dévastations aussi inutiles que dispendieuses à réparer (2). Vainement les agents du chemin de fer suppliaient :

(1) Elphège Baude, qu'on appelait le beau Baude, a été tué sous la Commune, à la tête de la manifestation du 22 mars, dite de l'ordre et de la conciliation.

(2) Au seul chemin de fer de l'Est il y a eu pour 8 millions de réfections.

« Laissez nous faire disaient-ils, nous couperons la voie au moment voulu, sans ruines inutiles, de manière à porter le désordre et le ravage chez l'ennemi surpris. » Mais impossible était de calmer ces affolés, qui croyaient les Allemands sur leurs talons et qui accouraient avec leurs barils de poudre, souvent victimes eux-mêmes des explosions qu'ils allumaient.

Ce fut un grand malheur pour nos armées qui ont été plusieurs fois arrêtées par ces ruptures de ponts. C'est ce qui arriva à la boucle de Marne. On avait préparé des jetées de pont de bois pour remplacer les ponts détruits ; mais il était dit que la nature elle-même combattrait contre nous de toutes manières. Non seulement il faisait depuis le matin un froid excessif et imprévu, contre lequel nos pauvres soldats ne s'étaient pas prémunis ; mais les grandes pluies des jours précédents avaient, en une nuit, grossi et fait déborder la Marne ; on sait que ces crues subites la caractérisent. Les ponts préparés furent insuffisants et d'une pose difficile.

C'est dans cette occasion que se sont distingués notre collègue de Dion, l'ingénieur des ponts et chaussées Baude et l'entrepreneur Lasnier. En une journée, par des prodiges d'activité, ils ont jeté les ponts, trouvé les bois et l'outillage, imaginé des systèmes non classiques peut-être dans le Génie militaire.

Mais la nuit était venue, notre armée s'était démoralisée et désorganisée en cette journée de froid terrible et d'inaction qui faisait pleurer les généraux et qu'on ne s'expliquait pas.

Au lieu de la marche en avant, pour laquelle il y avait eu tant de proclamations, d'affiches et de préparatifs, il y eut finalement la rentrée ordinaire dans Paris. Les ponts n'ont été d'aucun service.

VIII. — Armement de l'infanterie.

On a oublié quelle part le corps du Génie civil a prise, plus ou moins directement, à l'armement de l'infanterie dans Paris bloqué, mais il fut l'œuvre, en grande partie, de l'industrie privée, sous la direction ou avec le concours de plusieurs Ingénieurs civils qui n'ont pas laissé le souvenir de leur nom. Le service de la transformation des armes portatives, au Louvre, était sous les ordres du général Morin, qui fut président de la Société des Ingénieurs civils en 1863.

Ce fut une œuvre considérable. Les 100 000 braves mobiles de province qui nous arrivèrent en blouse et en sabots furent assez

vite armés de fusils chassepot et habillés tant bien que mal par les grands magasins de confection.

Certains corps francs firent un miracle : ils trouvèrent des armes perfectionnées. Mais les 200 000 gardes nationaux, équipés à peu près à leur guise et encadrés d'officiers à l'élection par la compagnie, n'avaient pour arme que le fusil à piston, modèle d'avant 1848.

On en fit la conversion en *fusil à tabatière*, permettant de mettre la cartouche par la culasse. Mais l'acier manqua et on fit le nouvel agencement avec du bronze d'aluminium, industrie nouvelle et en vogue. Les spécialistes fournirent le métal et le résultat fut assez bon.

Avec des ouvriers et des contremaîtres venus de partout et montrant beaucoup de zèle, on forma des ateliers, notamment au Louvre dans les salles basses inoccupées et inachevées. On y installa des tables à étaux, des forges et des machines-outils actionnées par une machine à vapeur locomobile, sans grand souci, parfois, des tableaux restant aux galeries supérieures.

Assez rapidement, les compagnies de guerre de la garde nationale eurent un armement et un équipement passables. Plusieurs bataillons ne demandaient pas mieux que de faire courageusement leur devoir ; quelques-uns l'ont fait très bien après avoir amélioré leurs cadres et accepté d'être un peu plus disciplinés.

IX. — Fin de l'histoire de l'armement du Génie civil.

La plus grande peine que puisse éprouver celui qui se dévoue avec courage à une œuvre est de sentir qu'il travaille à peu près inutilement, au milieu non seulement de l'indifférence, mais à travers les contradictions. Ce fut ce qui arriva au corps du Génie civil. Flachat, si indulgent d'ordinaire, s'en est plaint avec amertume dans une de nos séances.

L'immense matériel militaire créé par l'industrie privée, plus ou moins sous la direction du corps du Génie civil, n'a presque pas servi. Le jour de la bataille de Montretout, où on manqua de canons, la cour du Conservatoire était remplie des nouvelles pièces de 7 reçues définitivement depuis quinze jours.

Eh ! sans doute, il n'était pas parfait ce matériel improvisé en six semaines par des gens ayant tout à apprendre.

Les canons étaient solides et portaient bien, mais ils avaient trop de recul (1) et les affûts étaient trop légers.

A la capitulation, le corps du Génie civil fut naturellement dissous; son artillerie fut dispersée.

Nous nous trompons : son histoire n'était pas terminée ; elle ne fit que trop ses preuves sous le second siège, mais pas contre l'ennemi pour la défense nationale. C'est à la Commune que va servir tout le dévouement désintéressé et si patriotique de l'industrie parisienne.

La garde nationale se trompait aussi en croyant que la capitulation l'obligeait à livrer ses armes. Snr une demande mémorable, M. de Bismarck, sachant bien ce qu'il faisait, les lui avait laissées, et elle s'empressa de cacher ce qu'elle appelait ses canons. Des bandes populaires s'emparaient d'une pièce et la traînaient en lieu sûr. C'était leur canon, criaient-ils, le quartier l'avait payé à la souscription sous les tentes enguirlandées des boulevards, et c'était vrai.

Après la proclamation de la Commune, les canons du Génie civil sortirent de partout, composant de grands parcs bien gardés et la fameuse batterie à trois étages de la butte Montmartre.

On se rappelle qu'elle fut surprise un matin par l'armée de Versailles et abandonnée deux heures après. Les fédérés la rétablirent plus forte et vraiment avec beaucoup d'art. Ce ne fut que le mercredi de la dernière semaine de la Commune qu'elle fut définitivement conquise sur les fédérés, puis retournée contre leurs positions du Père-Lachaise et des Buttes-Chaumont, contre lesquelles, après un jour de repos et de remaniement, les canons du Génie civil tonnèrent par-dessus les maisons, non sans les écorner, pendant quarante heures, à raison de cinq coups par minute en moyenne.

Les gens du quartier se sont longtemps souvenus de deux pièces détonant avec un bruit *sui generis* : l'une, après la décharge, résonnait comme une cloche et on l'appelait la Cloche; l'autre, en partant, grinçait, et on l'appelait le Chat.

Elles ont, du moins, prouvé leurs qualités, puisqu'on les faisait parler si souvent.

Après la soumission de Paris, tout ce matériel militaire fut

(1) Comme exemple curieux de recul, nous avons eu celui, non d'un canon du Génie civil, mais d'une petite pièce en fer, de forme étrange et d'origine mystérieuse, braquée, sous la Commune, à la barricade au coin du boulevard Magenta et la rue de Dunkerque. Elle ne tira qu'une fois, cassant, par la vibration, toutes les vitres du voisinage, et reculant de 32 *m*. Heureusement, elle ne tua personne.

traîné à Versailles et entassé en un grand parc sur la place d'Armes. Toutes nos pièces du Génie civil étaient là avec leurs caissons, les uns encore neufs, les autres accusant un rude service.

Il y avait à Versailles de telles colères contre tout ce qui venait de Paris insurgé, qu'on passait avec plus que du dédain devant cette artillerie qui n'avait été créée que pour la défense nationale. On demandait à tout détruire, à tout jeter aux vieilles matières; il fallut de l'énergie à l'administration militaire pour conserver ce qui n'était pas hors de service.

Telle fut la fin d'une œuvre d'incontestable patriotisme qui a, du moins, laissé la preuve des merveilleuses ressources de l'industrie privée et de l'initiative individuelle en France

En plus de ces canons et de ce matériel divers, il fut aussi construit par l'industrie privée :

18 mitrailleuses de divers systèmes;
97 — système Christophe;
107 — système Gatling.

Séances de la Société pendant le siège.

On ne peut omettre, dans ce récit, les séances d'une physionomie si particulière que tint la Société à la maison de la rue Buffaut, qu'elle n'avait pas encore quittée pour son siège actuel.

Les séances furent interrompues depuis la seconde quinzaine de juillet 1870 jusqu'à la fin de septembre, c'est-à-dire depuis la déclaration de guerre suivie de ses angoisses, jusqu'à l'époque de l'institution du corps du Génie civil. Mais le secrétariat continua à recevoir, même de l'étranger, un grand nombre de communications, notamment une de circonstance : la traduction en français du *Rapport du colonel Breth, en Suisse, sur les expériences du canon Krupp*.

Le Bulletin trimestriel parut comme d'ordinaire, contenant le Mémoire de M. Marché sur *le poids mort transporté par les trains de chemins de fer, et son influence sur les prix de revient du transport*, ouvrage de formules et de statistiques, l'un des plus considérables qu'aient contenus nos Bulletins.

La reprise des séances eut lieu le 15 octobre, mais hebdomadairement, car c'était un besoin de se retrouver, en un temps de si émotionnantes tristesses, et, nous l'avons dit, avec une physionomie bien nouvelle, non sans pitorresque. Outre les membres du corps du Génie civil qui avaient leur casquette pour insigne,

la plupart des assistants portaient l'uniforme militaire, celui de la troupe ou d'un corps franc.

On ne traitait que de choses intéressant la guerre et la défense nationale. Entre communications on se transmettait les espérances, les inquiétudes et les nouvelles plus sûres que celles des affiches officielles, puisqu'on en parlait *de visu*. On eût dit de nos séances un cercle d'officiers, mais ne s'occupant que de questions techniques.

La plupart des communications et discussions ont été relatées ci-dessus, en particulier celles de M. Jordan, Priou, Yvon Villarceau, Barrault, Labrousse, Farcy, Lapainteur, Decanis, Girard et Clémandot sur l'artillerie et ses munitions; de Trélat et Evrard sur les fortifications; de Callon, Barrault, Villarceau, Mombro, Badois sur les moulins, les subsistances et les mesures contre l'incendie. Ajoutons les communications de M. Desprès sur le plan d'inondation de la vallée en amont de la Seine, imité des procédés de défense des Hollandais chez eux, et celles de M. Brüll sur la fabrication et l'emploi de la dynamite, qui était encore dans sa nouveauté.

Enfin, le service courant des ballons et leur direction était alors, on le sait, la grande actualité. Il en existait deux grands ateliers aux gares des chemins de fer de l'Est et d'Orléans, d'où partait chaque jour un ballon emportant nos lettres et les dépêches du gouvernement. L'Académie des Sciences, transformée, comme la Société des Ingénieurs, en Académie militaire, s'occupait des ballons à presque toutes ses séances, et l'éminent Dupuy de Lôme paraissait à la veille d'avoir résolu le problème de la direction par hélice propulsive, quand arriva la capitulation et la suppression du service des aérostats.

Il est à peine besoin de dire que la Société des Ingénieurs s'est occupée, elle aussi, des ballons. A la suite d'une communication de M. Simond, elle y consacra trois séances.

Après la capitulation et jusqu'à la fin du second siège, il n'y a plus eu que de rares réunions. Celle du 17 mars, veille de l'institution de la Commune, eut encore son caractère d'Académie militaire, bien qu'il n'y eût plus d'uniforme. M. Deroide y exposa neuf projets de défense nationale, proposés au cours du siège et dont plusieurs ont fait sensation. Brüll y fit de nouvelles et savantes communications sur la dynamite.

La séance du 14 avril reprit tout à fait les travaux et la physio-

nomie ordinaire. Puis au milieu des nouvelles angoisses la Société des Ingénieurs disparut momentanément.

En mai, quoiqu'on fût en la crise aiguë du second siège, la Société eut séance le 9 et le 23, avec ses travaux accoutumés.

La date du 23 mai est caractéristique. C'est la veille de cette dernière semaine de la Commune qu'on a appelée la semaine infernale. On fit les élections ajournées depuis leur époque habituelle de décembre. A la présidence de Vuillemin, l'un des chefs du corps du Génie civil, succéda celle d'Yvon Villarceau dont les savantes études intéressant la défense nationale avaient hautement marqué à notre Société et à l'Académie des sciences. Au comité furent nommés : Vuillemin en tête, Jordan, de Dion, Callon, Brüll, dont nous avons vu les œuvres dans le corps du Génie civil, ainsi que Guébhard, commandant des 2 000 hommes du corps franc du chemin de fer de l'Est, ayant parmi ses lieutenants Gambaro et Dorré, membres de la Société. Tresca fut à l'unanimité acclamé président d'honneur en mémoire de sa présidence du corps du Génie civil.

Il faut lire au procès-verbal de cette séance le discours de Flachat, dont l'extrait suivant sera la conclusion de la présente notice.

« La période d'événements douloureux que nous venons de » traverser laisse parmi nous au moins la satisfaction, que ni le » zèle ni le dévouement n'ont manqué à ceux d'entre nous qui » ont eu l'occasion de contribuer à la défense du pays. Vous savez » tous à quel point cette tâche a été difficile et laborieuse ; mais » ce qui peut récompenser ses auteurs de leur courage et de leur » persévérance, c'est que l'œuvre accomplie restera la première » de celles que la guerre a produites comme progrès des armes » de guerre. »

CHRONIQUE

N° 165.

Sommaire. — Locomotive à vapeurs combinées *(suite et fin)*. — Une conférence de M. Raoul Pictet. — Nouvelles locomotives pour le Gothard. — L'industrie du pétrole dans la Basse-Alsace. — Signaux dans les tunnels. — Trajectoire d'un projectile tiré par un gros canon. — La grande roue de l'Exposition de Chicago.

Locomotive à vapeurs combinées. *(Suite et fin.)* — « Examinons quelle est l'action de la vapeur dans la cheminée et quelles sont les causes qui produisent cette accélération du tirage. Bien évidemment elle résulte du déplacement subit et violent du volume d'air brûlé qui remplit la cheminée, lequel déplacement occasionne une espèce de dépression, vide, ou même une rupture d'équilibre entre le poids de l'air extérieur et celui des gaz qui remplissent la cheminée, équilibre tendant constamment à se rétablir et constamment rompu, qui détermine un courant ascensionnel dans lequel ces gaz, plus légers, gagnent la partie supérieure avec une vitesse proportionnelle à leur impulsion et à leur différence de pesanteur, tandis que l'air rentrant par la partie inférieure est obligé de traverser avec une vitesse égale la grille couverte de charbon dont il active ainsi la combustion. Dans cette vitesse, la différence de pesanteur est la moindre des deux causes; la plus énergique est le frottement et le choc des molécules de la vapeur d'échappement qui entraîne et chasse l'air brûlé dans le sens de leur marche en lui communiquant une partie de leur vitesse. Le même phénomène peut être produit non seulement par un courant d'air ayant une grande vitesse, injecté dans le centre d'un tube, mais même par un courant d'eau, comme on l'employait autrefois pour la soufflerie des forges et hauts fourneaux.

» Il y a un moyen plus actif d'arriver au même but; ce moyen est dû, je crois, au général Dembinski; peu de personnes le connaissent, et il me semble que son emploi doit remplacer à peu près l'échappement de la vapeur dans la cheminée. Voici ce moyen dont j'ai souvent remarqué les curieux effets et qu'il est très facile d'expérimenter soi-même en petit : soit un tube A d'un diamètre de 10 *mm* et de 10 *cm* de longueur; ce tube est placé concentriquement à un second tube B de 15 *mm* de diamètre et de 15 *cm* de longueur, dont la partie inférieure fermée s'attache à la partie moyenne du tube A, de manière que ce dernier ne soit enveloppé que pour une moitié par le tube B qu'il dépasse de 5 *cm* par sa partie inférieure et par lequel il est dépassé de 10 *cm* par son extrémité supérieure. Ouvrons, vers la base fermée du tube B, un orifice égal à la section de l'espace annulaire compris entre les deux tubes concentriques; injectons-y de l'air avec une certaine vitesse; il s'y formera un courant annulaire qui s'élèvera d'abord entre les parois des tubes, puis continuera sa marche avec la vitesse acquise dans la partie du

tube B qui dépasse le tube A. Dans ce moment, le courant d'air annulaire entraînera par sa vitesse et par le frottement de ses molécules la colonne d'air occupant le milieu du tube et établira bientôt dans le tube A un courant aspiratoire ayant une vitesse presque égale à la sienne propre. On pourra vérifier ce curieux effet en plaçant l'extrémité du tube A au-dessus et à une certaine distance d'une sébile remplie de sciure de bois ; au moment où l'on soufflera dans l'enveloppe, la poussière de bois s'élèvera dans le tube A et la sébile sera vide en un instant. On peut également enlever des boules de papier d'une grosseur à peu près égale au diamètre de ce tube.

» Il est facile d'établir une enveloppe autour des cheminées de locomotive et de produire un appel de l'air extérieur dans le foyer, en injectant de l'air dans cette enveloppe. Il y a deux moyens de produire un courant artificiel dans l'enveloppe de la cheminée : le premier, en disposant un vaste entonnoir à l'avant de la locomotive à vapeur d'eau, recueillant l'air et l'amenant dans cette enveloppe ; le second est d'y injecter de l'air par un ventilateur mû par la marche même de la machine. Il y aura, dans l'emploi de ces deux moyens, une perte de travail utile; mais l'échappement de la vapeur d'eau, n'étant plus étranglé, déchargera le piston de la contre-pression qu'il a à vaincre dans l'état actuel des choses, ce qui viendra en compensation.

» En outre, il ne faut pas oublier qu'on peut avoir un vide considérable dans la condensation de la vapeur d'eau, vide qui dédommagerait amplement de la perte de travail occasionnée par l'emploi des moyens ci-dessus indiqués et que, d'ailleurs, la locomotive auxiliaire produira un travail utile au moins égal à celui de la vapeur d'eau, compensation faite même des pertes qu'occasionnerait à cette dernière l'emploi de ces moyens.

» Pour appliquer ce système à la locomotive ordinaire, il suffira de placer une enveloppe aux cheminées et un entonnoir ou un ventilateur à l'avant pour y injecter de l'air dans le moment de son accouplement avec la locomotive auxiliaire. Il faudra, en outre, un tiroir de distribution de la vapeur d'échappement, qui permettra de l'envoyer dans la cheminée lorsque la machine à vapeur d'eau marchera seule, et dans le vaporisateur lorsqu'elle sera accouplée à la locomotive auxiliaire.

» Ce système permettra l'emploi de locomotives moins fortes et moins pesantes que celles qu'on a faites dans ces derniers temps et qui, tout en nécessitant des rails extrêmement lourds et coûteux, les détruisent et les écrasent rapidement. On se sert déjà de deux locomotives attelées l'une à l'autre pour traîner les convois un peu considérables; cet usage deviendrait beaucoup plus fréquent et apporterait une économie sérieuse dans la dépense de traction. J'ai déjà fait part de cette application à des Ingénieurs experts en matière de chemins de fer, tant en France qu'en Angleterre; la solution des deux difficultés les plus graves par les moyens que je viens d'indiquer leur a paru tout à fait probable. Quelques-uns ont paru craindre que les ébranlements et les chocs auxquels la locomotive était plus particulièrement exposée ne fatiguassent ou rompissent les joints des appareils qui contiennent le liquide auxiliaire et qu'il n'y eût une perte considérable. Il n'est point ici question de

dangers, car en plein air et sur une locomotive particulière, on pourra employer sans la moindre crainte les liquides les plus inflammables, puisque la vapeur ou le liquide volatil qui s'en échapperaient seront à l'instant emportés par la vivacité du courant d'air auquel ils se mêleront à l'infini.

» J'ai imaginé pour cette application spéciale un genre d'appareils vaporisateurs très solides, dont les surfaces, très étendues sous un petit volume, taillées dans un plateau massif de métal fondu, reliées entre elles sans interruption, offrent une résistance considérable. Je décrirai longuement cet appareil dans l'appendice et les dessins que je publierai après les essais qui vont avoir lieu. Quant au condensateur, je n'emploierai que des tubes de 1 *m* au plus de longueur; du reste, les fuites à cet appareil sont peu à craindre, car, selon toute apparence, il n'y aura à peu près aucune pression à supporter. On ne doit compter que sur un vide assez faible, et les expériences que j'ai faites me donnent la certitude qu'on peut condenser sans pression supérieure à celle de l'atmosphère.

» Une seconde objection sans importance naît de la difficulté de mettre en marche à cause de la mauvaise combustion dans la chaudière à vapeur d'eau et de l'imperfection de la condensation de la vapeur auxiliaire au moment du départ, alors qu'il n'y a pas encore de courant d'air, puisqu'il n'y a pas de vitesse. A cela je réponds : 1° que l'on part ordinairement lentement et que la locomotive à vapeur d'eau pourrait mettre seule en marche le convoi; qu'au moyen du tiroir de distribution, on ne lancera la vapeur dans le vaporisateur de la locomotive auxiliaire que lorsque la vitesse sera jugée suffisante; jusqu'à ce moment, la locomotive à vapeur d'eau marchera dans les conditions ordinaires avec son injection dans la cheminée; 2° que le vaporisateur de la locomotive auxiliaire sera, pendant ce court espace de temps, chauffé par un jet de vapeur pris directement à la chaudière à vapeur d'eau; que la condensation du liquide auxiliaire aura lieu parce qu'au moment du départ toutes les surfaces métalliques du condensateur sont complètement froides, ainsi que l'eau qui mouille les toiles dont elles sont enveloppées. Car, ou le temps d'arrêt après lequel on met en marche est le résultat d'un long stationnement, ou il provient d'une interruption dans la marche : dans le premier cas, ces surfaces ont le temps de se refroidir; dans le second cas, comme il a fallu, pour détruire la force d'impulsion et de vitesse acquise de la locomotive, arrêter la machine et ne plus envoyer de vapeur aux cylindres et conséquemment au condensateur longtemps avant d'arriver au lieu de stationnement, les surfaces seront parfaitement froides et le vide existera dans l'appareil au moment de l'arrêt.

» D'ailleurs, dans les essais de condensation de ce genre que j'ai faits et que j'ai cités plus haut, j'ai obtenu la condensation presque sans courant, et j'ai pu donner jusqu'à 60 et 80 coups de piston avant d'être obligé d'arroser les surfaces, lorsque j'ai remis en marche après un temps d'arrêt suffisant pour refroidir les surfaces et établir le vide dans l'appareil.

» Tels sont, en somme, les moyens sur lesquels je fonde l'applica-

tion aux locomotives; les essais et la pratique en indiqueront de meilleurs. »

Cette longue citation d'un passage de l'ouvrage de Du Trembley, qui permet de juger de l'esprit fertile de l'inventeur, peut fournir quelques indications utiles. On sait que la condensation par courant d'air et aspersion d'eau, décrite en détail ci-dessus, est appliquée avec succès aujourd'hui dans certains cas particuliers.

Une conférence de M. Raoul Pictet. — Notre éminent collègue M. Raoul Pictet a fait le 4 septembre dernier, dans la session de la Société helvétique des sciences naturelles, tenue à Lausanne, une conférence sur des questions qui se rattachent assez directement à celles qui ont été traitées si brillamment par lui devant notre Société, le 5 mai dernier, pour que nous croyions intéressant d'en reproduire le compte rendu tel qu'il a été donné par la *Gazette de Lausanne.*

« L'illustre savant cherche, en commençant, à définir les phénomènes vitaux. En quoi consiste la vie? La définition de ce phénomène a été traitée souvent depuis que le monde est monde, mais n'a jamais pu être donnée. On sait ce que c'est que la chute des corps, mais on ne peut pas définir un phénomène vital. Il faut remplacer ici la définition par un ensemble de faits généraux, donnant le tableau des phénomènes de la vie. Le phénomène vital est toujours donné par l'organisation de l'individu, et c'est de la lutte de cet individu contre le milieu qui l'entoure que naît l'idée de vie.

» L'individu cherche à se sauvegarder contre les influences qui tendent à le détruire ; ce caractère est permanent jusqu'aux êtres infiniment petits, réduits à une cellule. Tant que cette lutte entre l'organisme et le milieu se poursuit, l'équilibre est maintenu et la vie ne cesse pas ; mais, si cet équilibre établi est troublé par des causes perturbatrices, les phénomènes vitaux sont modifiés et ces modifications constituent les maladies.

» Comment les basses témpératures agissent-elles sur les phénomènes vitaux? L'étude de cette question comprend un ensemble énorme de faits dont il n'est possible de donner qu'un court aperçu.

» Après avoir observé les êtres dans les conditions normales, on les met en présence des basses températures pour voir comment elles agissent sur l'organisme; on observe alors une quantité de phénomènes qui varient suivant l'âge de l'individu, suivant la température employée et suivant la durée de l'expérience. Celles que M. Raoul Pictet a faites, ont porté sur tous les êtres de l'échelle animale, des mammifères aux microbes. Les bains qui avaient été employés jusqu'ici comme agents réfrigérateurs présentaient l'inconvénient d'agir trop subitement; c'est pouquoi M. Pictet se sert pour ses expériences d'un puits frigorifique, dont les parois peuvent être portées, à des températures allant de — 15° à — 110°.

» Si l'on refroidit l'appareil à — 90° et qu'on y introduise un chien, on voit la respiration de l'animal s'accélerer, la circulation devenir plus rapide et, pendant les dix premières minutes, la température s'élève d'un demi-degré : c'est le premier signal de la résistance de l'organisme.

Le froid continuant à agir, l'organisme se trouve dans la situation d'un capitaine qui veut à tout prix sauver son navire et qui jette par-dessus bord tout ce qui n'est pas indispensable ; les extrémités de l'animal se refroidissent et se congèlent, tandis que la température centrale se maintient. Au bout d'une heure et demie, la température du chien a baissé d'un degré. Mais il arrive un moment où la lutte n'est plus possible ; tout d'un coup la température tombe et le chien ne peut plus être ramené à la vie.

» Le savant expérimentateur a fait des observations sur lui-même, en exposant son bras à l'influence du froid. On sent tout d'abord un refroidissement de l'ensemble de l'organe, puis, au bout de trois ou quatre minutes, on éprouve une violente douleur qui semble sortir du périoste. Lorsqu'on retire le bras de l'appareil, on constate que la mobilité n'est pas influencée, mais la douleur persiste dans le centre du bras et l'on perçoit une chaleur intense. Il arrive souvent dans les expériences, que l'on reçoive des brûlures par le froid ; on éprouve une sensation analogue à celle que donne une piqûre de guêpe ; dans le premier degré de brûlure, la peau n'est pas atteinte, mais il se produit au-dessous d'elle une tache violette qui s'étend et provoque de violentes douleurs ; dans les brûlures au second degré, causées par de l'air liquide ou du protoxyde d'azote, la peau est enlevée et les tissus sont très longs à se reconstituer.

» Les poissons présentent une résistance extraordinaire aux basses températures ; on peut les congeler au point de les rendre friables, sans que les phénomènes vitaux soient atteints ; il ne faut cependant pas descendre au-dessous de — 15°. Les batraciens, qui se prêtent à toutes les expériences des physiologistes, supportent très bien un froid de — 28° ; à partir de — 35° leur sort devient problématique. Les ophidiens ont résisté à — 25° et sont morts à — 35° ; des scolopendres ont supporté — 50° ; les escargots, protégés par leur coquille, vivent à — 120°. Les œufs d'oiseaux, par contre, sont très sensibles, surtout s'ils ont été pondus depuis un ou deux jours ; au-dessous de — 2° à — 3° ils périssent. Les œufs de fourmis sont encore plus délicats, tandis que les œufs de grenouilles supportent sans dommage — 6°. Les œufs de vers à soie résistent à des températures assez basses ; s'ils viennent d'être pondus, ils résistent à — 40° et éclosent très bien le printemps suivant ; ce refroidissement est un moyen de préserver les futures chenilles des maladies infectieuses qui causent dans les établissements de sériciculture de si grands désastres. Les infusoires vivent encore à — 60°, mais à — 90° ils meurent tous.

» Quant aux microbes, M. Raoul Pictet a constaté que, même en les soumettant à une température — 213° dans de l'air atmosphérique solidifié, on ne parvenait pas les tuer.

Résumant les faits acquis, l'éminent conférencier arrive, par des considérations philosophiques de l'ordre le plus élevé, à des conclusions nettement spiritualistes. »

Nouvelles locomotives pour le Gothard. — La distance entre Lucerne et Chiasso par le Gothard est de 232 *km* et le tracé sur ce

parcours peut être considéré comme composé de deux lignes de plaine, l'une de Lucerne à Erstfeld, l'autre de Biasca à Chiasso, séparées par une ligne en montagnes. Sur les sections de plaine, les inclinaisons ne dépassent guère 10 0/00 sauf la traversée du Monte Cenere dans la section méridionale où elles dépassent notablement ce chiffre, mais sur des longueurs relativement faibles. Sur la partie centrale au contraire, les inclinaisons atteignent 25, 26 et même 27 0/00 sur des longueurs considérables, 30 *km* entre Erstfeld et l'entrée nord du grand tunnel et 45 entre Biasca et l'entrée sud de ce tunnel.

Actuellement on emploie des machines différentes pour remorquer les trains de voyageurs sur les diverses sections et il résulte de ces changements des pertes de temps et une médiocre utilisation du matériel et du personnel de traction. Pour éviter ces inconvénients, la Compagnie du Gothard vient de commander à la Fabrique suisse de locomotives et de machines à Winterthur, deux locomotives d'essai qui devront remorquer les trains rapides de Lucerne à Chiasso sans changement.

Ces machines, qui devront réaliser une vitesse maxima de 90 *km*, ont trois essieux accouplés chargés de 15 *t* chacun et un bogie à deux essieux à l'avant. La machine avec le tender à six roues pesera environ 95 *t*. La pression à la chaudière sera de 14 *kg*.

L'une des machines comporte trois cylindres accouplés en compound, le cylindre à haute pression au centre. L'autre est à quatre cylindres fonctionnant de la même manière, les cylindres à haute pression intérieurs et évacuant directement dans le cylindre extérieur à basse pression adjacent. A part le nombre des cylindres les deux machines sont exactement semblables et on pourra modifier facilement celle qui aura donné les moins bons résultats pour la rendre semblable à l'autre.

La particularité essentielle de ces machines est qu'elles pourront fonctionner soit comme machines compound, soit comme machines ordinaires avec admission directe de la vapeur de la chaudière à tous les cylindres. C'est avec cette disposition qu'on se propose de résoudre le problème indiqué plus haut du parcours direct de Lucerne à Chiasso. Ainsi on pense trainer 250 *t* sur les rampes ne dépassant pas 10 0/0 à la vitesse de 54 *km* à l'heure à la marche en compound et 140 *t* sur les rampes de 26 à 40 *km* à l'heure avec le fonctionnement ordinaire.

Ces machines doivent être livrées au printemps prochain. Cette expérience est certainement des plus intéressantes. Nous regrettons seulement que les très sommaires renseignements donnés à ce sujet dans les journaux suisses ne contiennent rien qui concerne des dimensions de la chaudière de ces machines. Il est certain que le fonctionnement direct exercé sur des parcours de 40 *km*, c'est-à-dire pendant une heure, nécessitera une énorme quantité de vapeur, ce fonctionnement, dans une locomotive compound, ne peut guère être économique à cause de diverses particularités, telles que les grands espaces neutres des petits cylindres, la faible compression dans ceux-ci à la marche directe et la pression réduite aux grands cylindres dans cette marche. Si on considère que la montée de $140 + 95 = 235$ *t* sur rampes de 26 0/00 représente un effort de traction de 7 000 *kg* au moins (avec les courbes de 300 *m*) et, à la vitesse de 40 *km* à l'heure, un travail moyen de 1 040 *chx*, lesquels dé-

penseront dans les conditions défavorables ou se trouvera la machine, 13 à 14 *kg* au bas mot par cheval, on aura à vaporiser par heure 13 000 à 14 000 *kg* d'eau. On peut juger de l'énorme surface de chauffe qu'il faudra pour produire cette vapeur et, si on veut maintenir cette surface dans des limites compatibles avec les dimensions ordinaires, de la vaporisation extrêmement active qu'il faudra réaliser, évidemment aux dépens du rendement du combustible en vapeur et alors on risque de tomber dans un cercle vicieux en étant obligé d'avoir une grille de dimensions excessives sans compter la considération très sérieuse de la dépense excessive du combustible dont le prix ressort à 30 *f* la tonne au moins au Gothard. L'expérience indiquera si ces craintes sont fondées et si la solution est pratique dans ce cas. Le fonctionnement mixte des locomotives compound est réalisé dépuis longtemps, mais c'est une affaire de mesure et la question est de savoir si l'emploi du fonctionnement direct sur une fraction du parcours total comprise entre 25 et 33 0/00 n'est pas excessif. En tout cas, les résultats de ces essais qui auront lieu dans quelques mois, seront attendus avec le plus grand intérêt.

L'industrie du pétrole dans la Basse-Alsace. — Une industrie qui était autrefois peu estimée et qui s'est développée progressivement dans la Basse-Alsace, c'est l'exploitation des mines de pétrole. Voici à ce sujet quelques renseignements que nous avons rencontrés dans le *Journal d'Alsace.*

Avant la guerre de 1870, on n'exploitait qu'une seule mine, celle de Pechelbronn, près Soultz-sous-Forêts. Dans cette mine, qui est encore aujourd'hui la plus considérable de la Basse-Alsace, on a extrait le pétrole des couches bitumineuses par des travaux souterrains. Ce système a été abandonné dans ces derniers temps. Depuis quelques années, on creuse des puits jusqu'au gisement de pétrole qui se trouve à une profondeur de 225 *m.* Ces puits ont de 6 à 8 *cm* de diamètre et le pétrole en jaillit aussi longtemps que la pression souterraine se maintient. Ensuite le puits est élargi pour permettre une extraction du pétrole brut au moyen de pompes. De cette façon on a atteint de bons et durables résultats et, en 1892 par exemple, on a extrait 13 000 *t* de pétrole brut ayant la valeur de 1 million de marcs. De pareils résultats ont engagé naturellement de nombreux spéculateurs à demander des concessions de mines et on peut estimer, dit la *Gazette de Lorraine*, à une superficie de 100 000 *ha* les terrains bitumineux exploités aujourd'hui dans les arrondissements de Wissembourg, Haguenau, Saverne et Strasbourg. Comme il a été dit, la principale mine est celle de Pechelbronn, dont la production s'élève à 90 0/0 du rendement total de la Basse-Alsace. Elle possède une raffinerie spéciale à Soultz-sous-Forêts, et elle est reliée avec celle-ci par une voie ferrée de 5 *km.* Soultz et un certain nombre d'autres localités ont pris un essor considérable par suite du développement de l'industrie du pétrole. Cette question a fait l'objet d'une communication récente de M. Daubrée à l'Académie des Sciences.

Signaux dans les tunnels. — On vient d'appliquer dans le tunnel de Weekawken sur le West Shore R. R., aux Etats-Unis, un système de signaux qui parait appelé à rendre de grands services. Ce

tunnel a 1 260 *m* de longueur. Il contient une ligne de lampes à incandescence écartées les unes des autres de 100 *m* environ, placées sur le côté et à la hauteur de l'œil du mécanicien. Si toutes les lampes sont allumées, c'est l'indication de sécurité. Le train en passant agit sur un circuit placé le long de la voie et éteint derrière lui les lampes sur une distance de 350 *m* environ, après quoi elles se rallument d'elles-mêmes. De plus les lampes sont sous le contrôle des agents placés aux têtes du tunnel qui peuvent s'en servir pour faire les signaux nécessaires. Ce système permet au mécanicien d'un train d'être averti de la position d'un autre train qui se trouve devant lui et d'en apprécier la distance par le nombre de lampes éteintes. On arrive ainsi à augmenter notablement le trafic qui peut passer par un tunnel de grande longueur par rapport à ce que permettent les systèmes actuels de signaux.

Trajectoire d'un projectile lancé par un gros canon. — Nous trouvons dans un journal américain le renseignement suivant sur la trajectoire décrite par le projectile lancé par une grosse pièce d'artillerie. Au champ de tir de Meppen, on a tiré avec un canon de côte fourni par la maison Krupp, un projectile à la distance de 20 *km*. Ce projectile pesait 215 *kg* et la charge de poudre 114 ; la vitesse initiale était de 1 000 *m*. Le canon étant pointé sous un angle de 44°, on estime que le projectile s'est élevé à une hauteur verticale de 6 540 *m*, la durée du trajet étant de 70,2 secondes. Dans l'exposition de Krupp à Chicago était un dessin représentant la trajectoire du projectile rapportée au profil du mont Blanc et indiquant la possibilité de faire passer un boulet par-dessus la montagne et à une grande hauteur au-dessus de sa cime en le tirant d'une certaine distance du pied.

La grande roue de l'Exposition de Chicago. — Nous avons décrit, dans notre chronique d'avril 1893, page 575, la grande roue balançoire alors en construction par M. Ferris, à l'Exposition de Chicago. Cet appareil aussi colossal qu'original parait avoir eu un très grand succès. Il a commencé à fonctionner dans la première moitié de juin. Le concessionnaire était autorisé à prélever la dépense d'établissement, soit 1 500 000 *f* sur les recettes avant de partager celles-ci avec la compagnie de l'Exposition. Ce chiffre a été couvert le 8 septembre, c'est-à-dire en moins de trois mois. Depuis cette époque, l'Exposition touche la moitié des recettes. Celles-ci sont très élevées puisque le 8 septembre, elles ont atteint 40 000 *f*. A 1/2 dollar ou 2,50 *f* prix d'entrée par tête, cela représenterait un chiffre de 16 000 personnes ; s'il est vrai que la roue peut en contenir 2 160, 36 caisses à 60 personnes, ce ne ferait, en supposant les caisses complètement occupées, que 8 fournées, et à une demi-heure chacune, 4 heures de travail. Ou l'appareil va moins vite ou il n'est pas entièrement plein. Quoi qu'il en soit, l'installation de cette roue, qui est d'ailleurs un travail très remarquable, parait avoir été une excellente spéculation.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1893

Rapport de M. Ed. Sauvage, sur **la communication de M. Feraud relative au mode de suspension des véhicules.**

Nous renverrons pour ce sujet aux communications de notre collègue M. Feraud insérées dans les bulletins de juin 1888 et septembre 1890.

De l'effet des menottes des ressorts de suspension, par M. Mestre, ingénieur adjoint des études du matériel de la Compagnie de l'Est.

Rapport de M. Roussin, sur **un Mémoire de M. Buisine relatif à l'épuration des eaux d'égout par les sels ferriques.**

L'auteur du mémoire estime que le procédé d'épuration des eaux d'égout par l'action combinée du sol et de la végétation a l'inconvénient d'exiger de vastes étendues de terrains très perméables et situés à une altitude convenable, ce qui ne se trouve pas partout. L'épuration par les sels ferriques lui parait préférable, depuis qu'on obtient à bon marché, 4 *f* les 100 *kg*, ces sels au moyen des résidus du grillage des pyrites.

Des essais faits par M. Buisine, à Roubaix, à raison de 20 000 m^3 par 24 heures, lui permettent de conclure : 1° que la dépense d'épuration complète d'un mètre cube d'eau d'égout ne dépasserait pas 1/2 centime ; 2° que l'opération est très simple, l'épuration complète et le dépôt rapidement rassemblé. Les eaux sont parfaitement claires, incolores, neutres, absolument désinfectées et devenues imputrescibles. Les boues renfermant une assez grande proportion de matières azotées peuvent être utilisées avantageusement en agriculture.

Ce rapport est suivi du mémoire de l'auteur sur la question de l'épuration par les sels ferriques.

Rapport de M. de Luynes sur **les Couleurs vitrifiables au grand feu de four,** de M. Édouard Peyrusson, de Limoges.

Ces couleurs sont destinées à la décoration de la porcelaine dure. Jusqu'ici on employait des couleurs très fusibles, cuites à basse température, seulement fixées sur la couverte et ayant une dureté beaucoup plus faible que celle de celles-ci.

M. Peyrusson a cherché à obtenir des couleurs susceptibles de s'appliquer sur la porcelaine dure cuite et de s'y fixer par une seconde cuisson dans le four, de la même facon, à la différence de température près, que les couleurs tendres de moufle. Il emploie pour y arriver la matière de la couverte même de la porcelaine, c'est-à-dire la pegmatite additionnée de quartz, mais corrigée par l'addition de bases terreuses et mé-

langée avec les produits colorants formés de combinaisons à base de chrome, de tungstène, de titane, etc. Ces produits sont entrés dans la pratique et plusieurs fabriques de Limoges les emploient.

Rapport de M. C. Bardy sur le **réchaud à alcool** de M. Allain.

Les particularités de ce réchaud portent sur le mode d'emmagasinage du liquide et sur le dispositif nécessaire pour en opérer la combustion.

Le récipient est rempli de ouate cardée qui absorbe la totalité de l'alcool de sorte que la lampe peut être renversée sans que le liquide puisse s'échapper ; de plus, il ne peut se produire de vide dans lequel les vapeurs s'accumulent et peuvent donner lieu à des explosions lors de l'allumage.

La mèche est formée d'un morceau de carton d'amiante roulé en tube ; elle est séparée du coton imbibé par un matelas d'amiante en poudre contenu dans une toile métallique à larges mailles roulé autour du coton d'amiante. Cette poudre assure une alimentation régulière à la mèche. A l'intérieur du cylindre d'amiante glisse verticalement un tube métallique qu'on peut lever plus ou moins avec un levier et qui sert à régler l'intensité de la flamme. La construction de cette lampe est rationnelle, son mécanisme rustique et peu sujet au dérangement.

Expériences sur la transmission de la chaleur au travers des plaques tubulaires des chaudières à vapeur, par M. J.-A. Durston, ingénieur en chef de la marine anglaise.

Nous avons donné l'analyse de ce travail remarquable dans nos chroniques de mai et juin 1893, pages 656 et 751.

Rapport sur les **industries d'origine étrangère au Japon**, par M. le Ministre d'Angleterre au Japon, traduit de l'anglais par M. Lescane, architecte à Yokohama.

Ce rapport très intéressant, destiné à faire connaître la situation des industries fabriquant au Japon des produits faisant concurrence aux articles importés de la Grande-Bretagne, étudie les industries suivantes :

1° Filatures de coton et de soie ;
2° Manufactures de tissus ;
3° Construction navale, appareils de radoub, etc ;
4° Papeteries ;
5° Industries diverses, allumettes, savonneries, corderies, fabriques de ciment, merceries, brasseries, tanneries, etc. ;
6° Petites industries.

Des détails sont donnés sur ces diverses entreprises. Ils contiennent les renseignements relatifs à la production, au nombre des usines, à la description des principales, à l'outillage, la main-d'œuvre, les prix de revient, etc.

Ces rapports permettent d'apprécier les efforts considérables que le Japon a faits pour introduire l'industrie étrangère dans le pays et les résultats obtenus qui sont tels que le Japon se suffit maintenant pour certains produits qu'il demandait autrefois au dehors. On y trouve, à côté de ces appréciations élogieuses une critique qui laisse passer le bout

de l'oreille ; l'auteur du rapport recommande à ceux qui ont entre leurs mains l'avenir industriel du Japon de bien examiner s'il est entièrement sage, pour une nation d'ouvriers-artistes, limitée dans ses ressources, de s'infliger le fardeau de la concurrence avec le monde entier dans les principaux articles produits par les manufactures occidentales.

Appareil servant à mesurer la consommation de l'eau employée dans les moteurs à vapeur actionnant des dynamos, par M. W.-A. Allen (Traduit des *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*). — Cet appareil consiste dans un petit condenseur à surface où la vapeur sortant de la machine se liquéfie et est recueillie dans un réservoir où le volume est mesuré. L'opération dure quelques minutes seulement, on peut en faire plusieurs en une heure.

Le cuivre trempé (Traduit de l'*Iron*). — M. Almer Thomas a trouvé un procédé de trempe du cuivre exploité par la Compagnie « Eureka », lequel donne un métal qui réunit des qualités très importantes, telles qu'une résistance à la traction, et une conductibilité électriques très élevées. Il est en outre d'une pureté pour ainsi dire absolue, 99,981 0/0 de cuivre pur.

Juin 1893.

Rapports sur **l'état financier de la Société.**

Rapport de M. le colonel Pierre sur la **serrure à avertisseur électrique** de M. Langlassé.

Le but de cet appareil est de signaler la présence des voleurs qui, pour s'introduire dans un appartement, essayent de crocheter la serrure de la porte d'entrée. A cet effet un fil électrique communiquant avec une sonnerie est disposé de manière que la clef introduite dans la serrure ferme un circuit qui fait entendre la sonnerie tant que la clef reste dans la serrure. Une disposition permet à l'appareil de fonctionner même lorsqu'on se sert, pour ouvrir la serrure, d'une fausse clef, d'un fil de fer ou même d'un clou. Cet avertisseur est déjà employé dans plusieurs maisons de campagne des environs de Paris et paraît appelé à rendre des services.

Rapport de M. Prunier sur le procédé de M. Marix pour **amener en contact intime les liquides qui ne se dissolvent pas réciproquement.**

Le procédé consiste à faire arriver les liquides dans la proportion voulue par un orifice horizontal et linéaire, de façon que les liquides se superposent en couches très minces, laminées pour ainsi dire. La section de l'orifice étant très réduite, on opère, pour obtenir un débit suffisant, sous une pression très élevée qui peut aller jusqu'à 500 *atm*, au moyen de pompes. On peut aussi employer des turbines du genre de celles qui servent à l'écrémage du lait. Ces procédés sont appliqués industriellement à la préparation de diverses émulsions.

Rapport de M. le général Sebert sur un **chronographe applicable aux recherches balistiques**, construit par M. Schmidt.

Pour apprécier les très courtes durées que l'on a à déterminer lorsqu'on veut mesurer la vitesse d'un projectile, l'inventeur a utilisé le mouvement rapide et régulier du balancier d'un chronomètre. On sait que le projectile rencontre sur son passage deux réseaux de fils parcourus par un courant qu'il interrompt en les brisant.

La rupture du premier courant met en marche le balancier et la rupture du second courant l'arrête. Des dispositions spéciales sont employées pour que la mise en marche et l'arrêt se fassent, sinon sans temps perdu, du moins dans des conditions toujours identiques qui permettent d'en tenir compte par une correction. Cet appareil permet, par une simple lecture d'aiguille sur un cadran d'apprécier les millièmes de seconde.

Emploi des presses hydrauliques à haute pression dans les forges, par M. Daelen.

C'est l'analyse d'un mémoire paru dans les publications de l'*American Institute of Mining Engineers*. Il est décrit dans ce travail un grand nombre d'appareils qui se classent dans les six groupes suivants :

1° Pompes à vapeur avec volant et accumulateur pour la compression de l'eau ;

2° Pompes à vapeur sans volant et avec accumulateur ;

3° Pompes à vapeur sans volant ni accumulateur ;

4° Multiplicateur de pression à simple effet sans accumulateur ;

5° Pompe à vapeur avec volant, sans accumulateur et avec tuyauterie ;

6° Pompe à vapeur avec volant, sans accumulateur et sans tuyauterie.

Il est décrit également quelques dispositions spéciales, telles que les accumulateurs pneumatiques, la presse Baare et la presse Walker dont nous avons parlé dans nos chroniques (voir Bulletins d'octobre et décembre 1891 et septembre 1892).

Sur le calcul de la résistance des volants, par James-B. Stanwood. (Traduit de l'*Engineering.)*

L'auteur envisage particulièrement le cas des grandes poulies à jante mince dont les parties situées entre les attaches des bras peuvent être déformées par l'action de la force centrifuge et pour lesquelles il se produit assez fréquemment des accidents. On ne doit pas descendre pour l'épaisseur des jantes de ces poulies au-dessous d'une limite déterminée par le calcul.

Utilisation des huiles de pétrole comme combustible, par W.-S. Collins. (Extrait du *Journal of the Franklin Institute.*)

Les systèmes employés jusqu'ici pour utiliser le pétrole dans les foyers rentrent dans trois catégories :

1° On vaporise le pétrole préalablement.

2° On l'entraîne à l'état liquide par la vapeur.

3° On opère de la même manière au moyen d'air comprimé.

La note est spécialement consacrée à l'étude d'un système rentrant dans cette dernière catégorie et où l'huile est soumise à une pression suffisante pour la faire monter du réservoir placé au-dessous du niveau de la combustion jusqu'à la hauteur du niveau des brûleurs, d'où elle est alors projetée dans le foyer par un jet d'air à la même pression, sous forme de poussière et en passant par un orifice variant entre 8 et 30 *mm* de diamètre. Ce système est dû à James Bullard et est appliqué par la Société des Combustibles soufflés. On s'en sert pour divers chauffages de fours, pour la métallurgie, la verrerie, la cuisson de la chaux, etc.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JUILLET 1893.

Notice biographique sur M. A. PLOCQ, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. VÉTILLART, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Note sur un **rouleau corroyeur à vapeur** employé dans l'exécution de la digue-barrage du réservoir de Torcy-Neuf, par M. E. RESAL, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les digues du canal du Centre sont construites en terre corroyée, et le corroyage s'opère avec des rouleaux à cannelures traînés par des chevaux.

Le corroyage de la digue de Torcy-Neuf fut commencé de cette façon; mais, à mesure qu'on travaillait sur une partie de plus en plus élevée, l'espace se rétrécissait et la place manquait pour faire tourner les chevaux au bout de chaque passage, et le travail était rendu lent et difficile. On eut l'idée d'employer un rouleau à vapeur qui fut construit à cet effet par M. Pinette, de Chalon-sur-Saône, et livré en juin 1886. Cet appareil comporte deux rouleaux portés par les deux extrémités d'un essieu, plus un avant-train.

Les rouleaux sont actionnés par un moteur horizontal à deux cylindres, au moyen d'engrenages et de mouvements différentiels. La chaudière sur laquelle est le moteur est du type locomotive, et le tout ressemble à une machine routière. Le poids en service est de 5 700 *kg* dont 4 500 sur les rouleaux corroyeurs. Le mouvement différentiel dont il vient d'être question sert à rendre les deux rouleaux indépendants l'un de l'autre, de sorte que la machine peut tourner sur place dans un rayon comparable à sa propre longueur.

On a, avec cet appareil, battu 48 300 m^3 de corroi avec une dépense de 12 000 *f*, ce qui met le prix du mètre cube à 0,25 *f*.

Si on ajoute à ce chiffre de 12 000 le prix de la machine qui est de

9000, le total de 21 000 *f* sera encore inférieur de 4 600 *f* à ce qu'aurait coûté le travail au prix de 0,53 *f* par mètre cube obtenu précédemment avec les rouleaux à chevaux, et l'appareil est encore en très bon état et est employé à d'autres travaux.

Note sur les **nouvelles écluses du canal Saint-Denis**, par M. M. Renaud, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le canal Saint-Denis, qui relie le bassin de la Villette à la Seine, a 6 647 *m* de longueur. Son trafic est considérable : en 1890, l'écluse en Seine a été franchie par 9 974 bateaux, représentant un tonnage de 1 460 664 *t*. La pente de 28,34 *m* en était rachetée par douze écluses de 42 *m* sur 7,80 *m* et 2 *m* de tirant d'eau.

L'approfondissement de la Seine au tirant d'eau de 3,20 *m* a nécessité une transformation partielle du canal, et ces travaux ont été entrepris en 1884. Ils consistaient dans la réfection des écluses et des ponts, et l'abaissement du plafond. Actuellement, toutes les nouvelles écluses et ponts sont refaits et le tirant d'eau est porté à 2,50 *m;* il ne reste plus qu'à le baisser de 0,70 *m*.

Les nouvelles écluses ont deux sas juxtaposés, l'un pour les péniches, l'autre pour lès bateaux de la basse Seine. Le premier a les dimensions des sas des canaux du Nord : 5,20 *m* de largeur et 38,50 *m* de longueur; l'autre a 8,20 *m* et 62,50 *m*. Ils sont séparés par un bajoyer central dans lequel sont placés les orifices et appareils de remplissage et de vidange. Les portes sont à un seul vantail, attachées à ce bajoyer et manœuvrées mécaniquement depuis lui. Ces écluses sont au nombre de six et leur chute varie de 2,30 à 4,50 *m*.

Le remplissage et la vidange s'effectuent par des vannes cylindriques du système employé au canal du Centre, manœuvrées à l'aide de crics. L'étanchéité est obtenue au moyen d'un bourrelet en caoutchouc. Les portes sont à ossature métallique avec bordage en bois plein calfaté à l'amont. La manœuvre se fait par une bielle articulée au tiers ou à la moitié de la largeur de la porte, suivant les dimensions de celle-ci et dont l'autre extrémité se meut dans une coulisse rectiligne. Une chaine, passant sur deux tambours à empreinte, déplace le pied de la bielle dans un sens ou dans l'autre.

Les tambours sont actionnés par une petite turbine mue par l'eau de la chute. Ce système a donné lieu à des ruptures par suite des efforts différents exercés aux diverses phases de l'ouverture et, pour les diverses écluses, on l'a remplacé par l'action de la turbine sur un arbre longitudinal parallèle à l'écluse et actionnant des arbres transversaux qui attaquent des arcs dentés circulaires servant à la manœuvre des portes. Cette installation a coûté 18 000 *f* pour les écluses de 2,50 *m* de chute, 21 000 *f* pour celles de 4,50 *m* et 16 000 *f* pour le grand sas de 9,92 *m* de chute, qui remplace quatre anciennes écluses. Cette dépense est peu importante si on considère que le prix des ouvrages correspondants est est de 500 000 *f*, 850 000 *f* et 1 850 000 *f*.

La durée de manœuvre des portes, sensiblement la même pour toutes les écluses, est de une minute pour le grand sas et une demi-minute pour le petit.

Les durées de remplissage et de vidange sont pour les trois types d'écluses :

Chute	2,30	4,50	9,92
Remplissage.	3'44"	3'29"	7'20"
Vidange	3'58"	3'34"	8'20"

Le résultat de ces travaux a été une accélération considérable de la traversée du canal. Pour les vapeurs, la durée de cette traversée est réduite de six heures vingt minutes à trois heures trente minutes, pour les accélérés de neuf heures vingt-cinq minutes à six heures quarante minutes et, pour les péniches, alors que toutes passaient au moins une nuit et souvent deux dans le canal, un grand nombre le parcourent aujourd'hui dans un seul jour et aucune ne passe deux nuits. En somme, le canal de Saint-Denis, tel qu'il est actuellement, pourrait suffire à une circulation trois ou quatre fois plus intense que celle qui existe aujourd'hui. Cette note est suivie d'annexes donnant les calculs de résistance des portes d'écluses et de leurs différentes parties.

Essai de comparaison des **effets des forces normales et obliques**, par M. Galliot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il s'agit dans cette note de corps en contact, se touchant par deux sections dont les centres de figure coïncident et qui sont pressés l'un contre l'autre par des forces dont la résultante passe par ce centre commun de figure. Nous ne pouvons que renvoyer au mémoire lui même ceux de nos collègues que la question pourrait intéresser.

Le saumon dans les rivières de Hollande, par M. le Dr P.-P.-C. Hook. Traduction précédée d'une notice par M. Bourguin, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'importance de la pêche du saumon en Hollande, peut s'apprécier par le fait que les grandes pêcheries, au nombre d'une dizaine sur la vieille et la nouvelle Meuse, la Merwede et le Lek, sont louées, au profit de l'État, pour 580 000 *f* par an et qu'on peut estimer à 100 000 saumons d'une valeur totale de 2 1/2 à 3 millons de francs, le produit annuel de la vente de ce poisson.

A la demande de l'Association pour favoriser la pêche fluviale en Hollande, M. le Dr Hook, directeur de la station zoologique du Helder, a fait à Rotterdam une conférence sur la question du saumon qu'il a spécialement étudiée et il y a traité les divers points qui s'y rattachent, tels que la description des espèces de saumons, leurs mœurs, leur culture technique par les diverses méthodes, les moyens d'augmenter le nombre des naissances, etc. Les conclusions sont que la pisciculture technique, rationnellement appliquée, donnera des résultats avantageux et que l'institution d'une période d'interdiction absolue de la pêche du saumon est nécessaire.

Note sur **deux explosions de récipients soudés**, par M. Olry, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons parlé dans les comptes rendus de juin 1893, page 765.

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1893.

Sur **la détermination du phosphore** dans les fers, les aciers et les fontes, par M. Ad. Carnot, Ingénieur en chef des mines.

L'auteur emploie une méthode fondée comme la plupart des autres sur l'emploi du molybdate d'ammoniaque, mais qui en diffère : 1° par le mode de séparation et de dosage du silicium qui se fait au moyen de l'acide sulfurique ; 2° par le mode de destruction des composés du carbone où l'on se sert de l'acide chromique et 3° par la nature du composé final qui est du phosphomolybdate d'ammoniaque desséché, lequel, obtenu par une seconde précipitation dans des conditions toujours identiques, présente une composition constante. Cette méthode fournit, avec moins de peine, des résultats plus réguliers et plus sûrs.

Sur **la détermination du phosphore dans les terres végétales**, par M. Ad. Carnot, Ingénieur en chef des mines.

La recherche du phosphore dans les terres végétales peut être simplifiée par des moyens analogues à ceux qui ont été décrits dans la note précédente, bien que la dissemblance des matières entraine naturellement des différences correspondantes dans les opérations. Ces différences portent sur le mode de destruction des composés carbonés et sur l'emploi de l'acide sulfurique qui a, avec la terre, l'inconvénient de donner naissance à du sulfate de chaux peu soluble. La note décrit les opérations à exécuter pour éviter ces difficultés.

Notice sur la **mine d'antimoine de Freycenet**, par M. P.-L. Burthe, Ingénieur civil des Mines.

La concession de Freycenet est située dans l'arrondissement de Brioude (Haute-Loire). Il y a un assez grand nombre de filons situés dans les micaschistes et le gneiss ; le minerai est du sulfure d'antimoine, mais on trouve aussi du minerai contenant avec ce métal du plomb et de l'argent. L'exploitation a été longtemps peu active. Des travaux de recherches ont été entrepris récemment pour faire reconnaitre si on pouvait compter sur une production beaucoup plus importante et les divers gisements viennent d'être réunis dans les mains d'un seul concessionnaire dans le but d'assurer une exploitation plus économique que par le passé.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1891 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

Utilité des chemins de fer d'intérêt local.— Tarifs. — Formule d'exploitation. Examen des observations formulées par M. Colson, par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette livraison des *Annales des Mines* ne contient que le commencement de la note de M. Considère ; nous en parlerons lorsqu'elle aura entièrement paru.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 10 Juillet 1893

Rapport sur le **5e Congrès international de la navigation intérieure** (1892).

Projet de M. Huet pour **un canal maritime sans écluses** d'Amsterdam à la mer. — L'auteur ayant soutenu, depuis trente ans, l'idée d'une communication sans écluses entre Amsterdam et la mer du Nord, a été invité par l'Institut à dresser un projet dans ce sens. C'est ce projet que vient de présenter M. Huet. Naturellement il a tenu compte des intérêts de la navigation intérieure et de ceux des lignes de chemins de fer autour d'Amsterdam. Le projet présenté, accompagné de diverses planches et dossiers, a son coût d'établissement évalué par l'auteur à 22 millions de florins.

La discussion a eu lieu dans la séance du 12 septembre. M. Debruyn a exprimé la crainte que la vitesse de l'eau dans le canal maritime déterminée par le flux et le reflux ne fût assez considérable pour détériorer les berges du canal. M. Nierstraaz a développé des considérations sur les conséquences que l'exécution du projet Huet pourrait avoir sur le mouvement des marchandises par les chemins de fer. M. Schurmann a discuté le coût tel qu'il résulte des évaluations de M. Huet ; il croit que le chiffre indiqué sera considérablement dépassé.

Livraison du 26 Aout 1893

Communication de M. Van den Thoorn sur **la défense des berges des canaux** dans les terrains peu résistants (avec planches).

Communication de M. Van Bossc sur **les irrigations** dans le district de Bagelen-Sud (Java).

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 33. — *19 août 1893.*

Voyage d'études dans l'ouest de l'Amérique, par A. Riedler *(fin).*

Les machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par M.-F. Gutermuth *(suite).*

Nouvelles prescriptions autrichiennes pour la construction et les épreuves des ponts métalliques.

Transbordeur à plan incliné pour bateaux, à Meaux.

Comparaison entre les machines à vapeur et les moteurs à gaz Dowson.

Bibliographie. — Nouveautés dans la question de la production et de l'emploi du gaz d'éclairage, par G. Schilling.

Variétés. — L'Exposition allemande à Chicago. — Installations électriques au Cap (Afrique méridionale). — Installations électriques à Chicago. — Société anonyme luxembourgeoise d'électricité. — Établissement municipal d'électricité à Darmstadt. — École d'électricité et laboratoire d'essais à Francfort-sur-le-Mein.

N° 34. — *26 août 1893.*

Ateliers pour la fabrication des pièces d'artillerie de la maison F. Krupp, à Essen, par O. Intze.

Élévations d'eau en Amérique, par A. Riedler.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite).*

Les machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par M.-F. Gutermuth *(suite).*

Trieur système Pape-Henneberg, par Bilharz.

Appareil préventif du chauffage des boites à graisse du matériel des chemins de fer.

Questions relatives aux eaux souterraines.

N° 35. — *2 septembre 1893.*

Les machines à comprimer l'air, par A. Riedler.

Les machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par M. F. Gutermuth *(fin).*

Aperçu sur le calcul des bras des poulies de transmission, par Théobald Demuth.

Groupe de Francfort. — Causes d'accidents dans les machines compound. — Purgeur pour l'eau de condensation.

N° 36. — *9 septembre 1893.*

Nouvelle construction des ascenseurs en Amérique, par M. F. Gutermuth. — Notes de voyage aux États-Unis, par G. Barkmann.

Le moteur thermique rationnel comparé aux autres moteurs thermiques, par Otto Kohler.

Calcul des distributions des machines à vapeur, par Slacki.

Bibliographie. — Application des formules mathématiques aux opérations de distillation et de rectification, par E. Hausbrand.

Variétés. — Exposition de Louis Wertheim, de Francfort, à Chicago. — Les pompes Worthington et leurs dispositions caractéristiques, par Ballauf.

Correspondance. — Chaudières à haute pression. — Ronflement des chaudières à vapeur.

N° 37. — *16 septembre 1893.*

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite).*

Gazomètre à guidage tangentiel, par P. Pfeifer.

Transmissions électriques pour ateliers, par Richter.

Calcul des poutres continues, par J. Goebel.

Suspensions à doubles ressorts pour matériel de chemin de fer, par G. Lentz.

Groupe de Francfort. — Chaudières à eau dans les tubes.

Variétés. — Congrès du génie civil à Chicago. — Condenseur à surface avec refroidissement par l'air. — Réunion générale de l'Association allemande pour la protection de la propriété industrielle.

Correspondance. — Condenseurs à surface. — Transmissions par courroies en Amérique. — Voyages d'études en Amérique.

N° 38. — *23 septembre 1893.*

Nouvelles expériences sur les machines frigorifiques, par R. Schottler.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite).*

Gazomètre à guidage tangentiel, par P. Pfeifer *(suite).*

Transmissions électriques pour ateliers, par Richter *(fin).*

Groupe de Berlin. — Construction des planchers système Kleine. — Exposition industrielle à Berlin en 1896. — Telautographe.

Bibliographie. — Étude et calcul des installations électriques, par C. Hochenegg. — Calcul d'un réseau de distribution d'électricité au point de vue théorique et pratique, par J. Herzog et P. Feldmann.

Variétés. — Marteau-pilon de 125 *t* de masse frappante des forges de Bethlehem. — Canal de Nicaragua. — Pose d'une conduite sous l'eau.

Correspondance. — Les locomotives à l'Exposition de Chicago.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 23118-11-93. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1893

N° 10.

Sommaire des séances du mois d'octobre 1893 :

1° *Accidents des chaudières multitubulaires*, par M. Compère (Séance du 4 août 1893), observations de MM. A. Lencauchez et A. Moreau. (Séance du 6 octobre), page 308;

2° *Décès* de MM. A.-C. Benoit-Duportail, A.-Ch.-J. Dornès, G.-J. Dubois, H.-H. Mathieux, A. Ménassier. (Séance des 6 et 20 octobre), pages 309 et 318 ;

3° *Décorations* (Séances des 6 et 20 octobre), pages 310 et 318 ;

4° *Exposition universelle de Lyon en 1894*, et observations de M. A. Moreau. (Séance du 6 octobre), page 310 ;

5° *Excavateur à chevaux*, par M. Zdziarski (Note parue dans le *Bulletin* de juillet 1893), lettre de M. F. Chaudy (Séance du 6 octobre), page 310 ;

6° *Les mécanismes employés pour le démarrage des locomotives compound. Leur suppression complète sur une machine de l'Etat autrichien, type 1893*, par M. A. Lavezzari : observations de MM. Pulin, Fettu, du Bousquet, et lettre de M. A. Mallet. (Séances des 6 et 20 octobre), pages 311 et 322 ;

7° *Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Besançon* (Compte rendu des Travaux du), par M. P. Regnard, et observations de MM. A. Moreau, D.-A. Casalonga, P. Vilain et lettre de M. D.-A. Casalonga. (Séances des 6 et 20 octobre), pages 315 et 322 ;

8° *Télégramme* de M. Belelubski, ingénieur russe, et *télégramme* de la Société en réponse au précédent. (Séance du 20 octobre), page 318 ;

9° *Nomination* de M. Delaunay-Belleville comme directeur général de l'exploitation de l'Exposition de 1900. (Séance du 20 octobre), p. 319 ;

10° *Atlas du Comité central des Houillères de France*, par M. E. Gruner, analyse par M. A. Brüll. (Séance du 20 octobre), page 319 ;

11° *Exposition hivernale et internationale de Californie, à San-Francisco.* (Séance du 20 octobre), page 321 ;

12° *Modifications aux Statuts de la Société, approuvées par l'Administration supérieure par décret du 12 août 1893.* (Séance du 20 octobre), page 326 ;

13° *Pli cacheté* déposé par M. Astruc de Rimaucourt. (Séance du 20 octobre), page 326 ;

14° *Voyage aux États-Unis* (Compte rendu du), par M. L. Rey ; observation de M. S. Périssé. (Séance du 20 octobre), page 327.

Mémoires contenus dans le *Bulletin* d'octobre 1893 :

15° *Suppression des appareils de démarrage dans une locomotive compound de l'État autrichien*, par M. A. Lavezzari, page 329 ;

16° *Compte rendu du voyage fait aux États-Unis d'Amérique, par une délégation de la Société des Ingénieurs civils de France en août, septembre et octobre 1893*, par M. Louis Rey, président de la délégation, p. 343 ;

17° *Excursion complémentaire au Canada et à Boston*, par M. A. de Dax, page 374 ;

18° *Chronique n° 166*, par M. A. Mallet, page 379 ;
19° *Comptes rendus*, — page 387 ;
20° *Bibliographie*, — page 399 ;
21° *Planche n°s 95.*

Pendant le mois d'octobre 1893, la Société a reçu :

33556 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Les explosifs industriels. Le grisou et les poussières de houille*, par J. Daniel (grand in-8° de 283 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1893.

33557 — De MM. Ant. Fetu-Defize et Cie. *Ateliers de construction de machines-outils de Ant. Fetu-Defize et Cie, à Liège (Belgique). Catalogue illustré* (in-4° de 32 p.). Liège, Aug. Bénard, 1893.

33558 et 33559 — De M. Kern (M. de la S.). *Assainissement des immeubles par enlèvement des fumées et gaz délétères, système Kern* (une feuille petit in-4° et 1 pl.). Paris, P. Colas, 1893.

33560 — De l'Associação dos Engenheiros civis portuguezes. *World's Columbian Exposition Engineering Congress at Chicago, 1893.* Portugal. Contribution of the Society of Portuguese Civil Engineers. Descriptive Catalogue (grand in-8° de 187 p.). Lisboa, Nacional Printing Office, 1893.

33561 — Du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures. *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, tome VIII, 1893.

33562 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les Turbines*, par Gérard Lavergne (petit in-8° de 235 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33563 — De l'Accademia in Modena, par le Ministère de l'Instruction publique. *Memorie della Reggia Accademia di science, lettere ed arti in Modena*, série II, vol. VIII.

33564 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Câbles d'éclairage électrique et distribution de l'électricité*, par Stuart A. Russell, traduit par G. Formentin (petit in-8° de 351 p.). Paris, Bernard Tignol, 1893.

33565 — De la Société académique d'agriculture de l'Aube. *Mémoires de la Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, tome LVI, 1892. Troyes. Dufour-Bouquot, 1892.

33566 — De la Société du canal de Corinthe, à Athènes. *Règlement provisoire de navigation pour l'année 1893* (in-4° de 4 pl.).

33567 — De M. W. Jackson. *Engineering Department. Twenty-sixth Annual Report of the City Engineer Boston*, for the year 1892. Boston, 1893.

33568 — De M. Honoré. *Mémoire descriptif déposé à l'appui d'une demande de brevet d'invention de quinze ans, formée par le sieur Chouet (Jean-Claude-Louis), dit Honoré, pour le moyen d'obtenir des tambours moteurs* (in-8° de 22 p.). Paris, 1893.

33569 et 33570 — De M. Em. Delecroix. *Statistique des houillères en France et en Belgique*. Années 1892 et 1893, IX et X. Lille, L. Danel, 1892 et 1893.

33571 — De M. J. W. Powell, par le Ministère de l'Instruction publique. *Mineral Resources of the United States*. Calendar year 1892, by David T. Day. Washington, 1892.

33572 à 33583 — Du même. *Bulletin of the United States Geological Survey*, N°s 82 à 86 et 90 à 96. Washington, 1892.

33584 — Du même. *Atlas to accompany the Monograph on the Geology of the Eureka District Nevada*, by Arnold Hague (atlas grand in-folio de 13 pl.). Washington, 1893.

33585 — De M. L. Parent (M. de la S.). *Chemins de fer de l'État. Matériel et traction. Notice sur la locomotive à grande vitesse figurant à l'Exposition internationale de Chicago* (in-4° de 9 p. et 3 pl.). Paris, Mouillot, 1893.

33586 et 33587 — De M. A. Lavocat (M. de la S.) *Dessins d'une passerelle de 10 m. de portée, construite en fer et ciment, par M. Hennebique, à l'Exposition universelle de Chicago* (2 feuilles pliées in-8°).

33588 — De la Chambre de commerce de Dunkerque. *Recueil des Procès-verbaux des séances de la Chambre de commerce de Dunkerque* pour 1892. Dunkerque, P. Michel, 1893.

33589 — De la Chambre de commerce de Dunkerque. *Notice sur le port*

de Dunkerque (grand in-8° de 32 p. avec 2 pl.). Dunkerque, P. Michel, 1893.

33590 et 33591 — De M. J. W. Powell. ***Monographs of the United States Geological Survey, vol. XVII. The Flora of the Dakota. Group a Porsthumous Work,*** by Leo Lesquereux (in-4° de 400 p.). Washington, 1892.

Du même. ***Vol. XX. Geology of the Eureka District Nevada,*** with an atlas, by Arnold Hague (in-4° de 419 p.). Washington, 1893.

33592 — De M. H. Le Chatelier. ***Remarques sur la chaleur spécifique du carbone*** (petit in-4° de 2 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1893.

33593 — De M. James Ladame. ***Profil en long technique et géologique de deux tunnels du chemin de fer par le Jura-Industriel. Ligne de Neuchâtel-Chaux-de-Fonds (Suisse)*** (une feuille in-4°). Paris. Ch. Baudry, 1893.

33594 — ***Repertorium der Technischen Journal-Literatur,*** von Dr Rieth. Jahrgang 1892. Berlin, Carl Heymanns, 1893.

33595 et 33596 — De l'Office du Travail. ***Notices et Comptes rendus,*** fascicules IV et V. Paris, Imprimerie nationale, 1893.

33597 et 33598 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. 1° ***Théorie des jeux de hasard,*** par M. H. Laurent (petit in-8° de 176 p.). 2° ***Accidents de chaudières,*** par M. F. Sinigaglia (petit in-8° de 192 p.). Paris. Gauthier-Villars et fils, 1893.

33599 — De M. L. Coiseau (M. de la S.). ***Appareils électriques employés à la construction des jetées du port extérieur de Bilbao (Espagne),*** par MM. L. Coiseau, A. Couvreux fils et Félix Allard (in-8° de 45 p. avec 12 fig.). Paris, 1893.

33600 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. ***Carte des colmatages des polders de Hollande,*** Neuzen 2 (une feuille). S'Gravenhage, 1893.

33601 et 33602 — Du Ministère des Travaux publics. ***Statistique de la navigation intérieure,*** année 1892. Paris, Imprimerie nationale, 1893.

33603 — De M. Ch. Baudry (M. de la S.). ***Les nouvelles voitures à intercirculation du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*** (in-4° de 6 p. avec 2 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1893.

33604 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). ***Du trafic commercial maritime dans ses rapports avec le tonnage des jauges des navires transporteurs*** (grand in-8° de 40 p.). Paris, Berger-Levrault et Cie, Guillaumin et Cie, 1893.

33605 — De M. Ed. Sauvage. ***L'exploitation de l'anthracite en Pennsylvanie et ses déchets*** (in-8° de 16 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1893.

33606 — De l'Association of Engineers and Architects. ***Proceedings, 1892 1893 and by Laws of the South African*** (in-8° de 26 p.). Johannesburg, Argus, 1893.

33607 — De M. H. Bouillant. ***Réunion des secrétaires généraux des Sociétés***

savantes (in-8° de 16 p.). Paris, Imprimerie de l'hôtel des Sociétés savantes, 1893.

33608 — De M. A. Bourdaret. *Nouveau système de vidange supprimant complètement les fosses et l'envoi des matières fécales à l'égout* (in-8° de 48 p. et 1 pl.). Lyon, Alexandre Ruy, 1893.

33609 — De l'American Institute of Mining Engineers. *Transactions, vol. XXI, 1892-1893.* New York City, 1893.

33610 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1891. Documents divers. 1re partie, France. Intérêt général.* Paris, Imprimerie nationale, 1893.

33611 — De MM. Schneider et Cie (M. de la S.). *Usines du Creusot. Constructions métalliques. Ponts et charpentes, 1893* (atlas in-4° italien de 80 pl.). Paris, A. Gentil, 1893.

33612 — Du même. *Usines du Creusot. Constructions métalliques. Appareils pour la navigation fluviale et maritime* (atlas in-4° italien de 30 pl.). Paris, A. Gentil, 1893.

33613 — De M. A. Calmel. *Plus de grisou. Appareil à air comprimé, système J. Deros* (in-8° de 24 p.). Alger, Heintz, 1893.

33614 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. 1° *Les moteurs à gaz*
et *et à pétrole*, par M. P. Vermand (petit in-8° de 176 p.). 2° *La*
33615 *décoration céramique au feu de moufle*, par M. Guenez (petit in-8° de 199 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1893.

33616 — De la Society of Engineers. *Transactions for 1892 and General Index 1861 to 1892.* London, E. et F. N. Spon, 1893.

33617 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Notes et formules de l'Ingénieur et des constructeurs-mécaniciens*, par M. L.-A. Barré (in-12 de 804 p.), 9e édition. Paris, E. Bernard et Cie, 1893.

33618 — De M. N. Labzin. *The Metal Industries of Russia* (grand in-8° de 52 p.). Saint-Pétersbourg, 1893.

33619 — Du Comité des Forges de France. *Annuaire 1893-1894.* Paris, Comité des Forges, 1893.

33620 — De M. D.-A. Casalonga (M. de la S.). *De quelques principes généraux des lois française et étrangères sur les brevets d'invention* (in-8° de 8 p.). Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1893.

33621 — De M. P. Regnard (M. de la S.). *Locomotive à air comprimé, système L. Mekarski.* Type de 18 *t* étudié pour le service de lignes du Louvre à Saint-Cloud, Sèvres et Versailles (1 feuille in-4° autog.). Paris, 1893.

33622 — Du même. *Besançon et la Franche-Comté.* Notices historiques, scientifiques et économiques. 22e session, par l'Association française pour l'avancement des sciences, août 1893 (in-8° de 693 p.). Besançon, J. Dodivers, 1893.

33623 — De M. Ernest Brelay. *L'Exposition de l'an 1900. Ce qu'elle ne devra pas être. Ce qu'elle pourrait être* (in-8° de 19 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1893.

33624 — De M. Alexis Drouin (M. de la S.). *Metalurgia de la Plata en Bolivia y en el Peru* (grand in-8° de 22 p.). Madrid, Enrique Teodoro, 1893.

33625 — De la Societá degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. *Catalogo della biblioteca* (in-8° de 74 p.). Torino, 1893.

33626 — De M. H.-A. Pintard. *Constitution et règlements ou by-laws de la Société française de bienfaisance de Philadelphie* (in-8° de 58 p.). Philadelphie, 1892.

33627 — Du même. *Rapport du Bureau d'administration de la Société française de bienfaisance de Philadelphie à l'assemblée générale annuelle du 16 décembre 1892* (in-12 de 23 p.). Philadelphia, 1893.

33628 — De M. Camilo J. de Cordemoy (M. de la S.). *Estudio relativo á los puertos de Constitución y Corral y á las mejoras de los rios Maule y Valdivia* (grand in-8° de 224 p. et 22 pl.). Santiago de Chile, 1893.

33629 — De M. J. Forrest. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. CXIV, 1892-1893. Part. IV.* London, 1893.

33630 — Du même. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Brief Subject-Index. Vols LIX to CXIV, sessions 1879 80, to 1892-93.* London, 1893.

33631 — De M. G. Hanarte (M. de la S.). *Sur la Ventilation des mines* (in-8° de 42 p. et 4 pl.). Paris, 1893.

33632 — De M. E. Gruner (M. de la S.). *Atlas du Comité central des houillères de France. Bassins houillers de France, Belgique, Allemagne, Grande-Bretagne* (in-folio de 67 p. avec 36 pl.). Paris, Baudry et Cie, 1893.

33633 — De la Direction générale des Douanes. *Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et avec les puissances étrangères, pendant l'année 1892.* Paris, Imprimerie Nationale, 1893.

33634 — De M. C.-J.-H. Woodbury. *Fire Hazards from Electricity* (in-12 de 13 p.). New-York, 1893.

33635 — Du même. *Recent Developments in the Electrical Transmission of Power* (in-8° de 11 p.). Boston, 1893.

33636 — Du même. *Electrical Transmission of Power for Cotton Mills* (in-8° de 12 p.). Boston, 1892.

33637 — Du même. *Methods of Reducing the Fire Loss* (in-8° de 40 p.). Boston, 1892.

33638 — Du même. *Modern Development and Early History of Automatic Sprinklers* (grand in-8° de 15 p.). New-York, 1892.

33639 — De M. Ed. Simon (M. de la S.). *Traité de tissage mécanique*, par Franz Reh, traduit par André Simon (grand in-8° de 230 p. avec 306 fig.). Paris, Ed. Rousset, 1891.

33640 — Du même. *La fabrication de la bonneterie*, par Franz Reh, traduit par André Simon (grand in-8° de 157 p. avec 52 fig.). Paris, Ed. Rousset, 1893.

33641 — De M. G.-E. Bernardet (M. de la S.). *Rapport sur les appareils des grandes poteries de « Clife Vale »*, exposés par M. Thomas W. Twyford, d'Hanley (Angleterre), à l'Exposition internationale d'hygiène du Havre en 1893. Paris, J. Rouhier, 1893.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

P. Bouëry,	présenté par MM.	Brancher, Lespinas et Taillandier.
L. Laborde,	—	Marsaux, Mauguin et Petit.
Ch.-F. Pierron,	—	Berger, Grosseteste et Rich.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1893

Séance du 6 octobre 1893.

PRÉSIDENCE DE M. DU BOUSQUET, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. A. LENCAUCHEZ présente, à propos du procès-verbal de la dernière séance, les observations suivantes, qui complètent ce qu'il a dit au sujet de l'action corrosive des fumées sur les parois des chaudières et sur la soudure des tubes :

1° On a dit que les fumées froides qui s'échappent des générateurs corrodent les surfaces de chauffe. En effet, l'acide sulfurique donne des vapeurs vers 300°, son point d'ébullition étant 338°, sous la pression 760 : donc, si les parois terminales d'une chaudière sont maintenues à 250°, 200°, 150° et à 100°, l'acide sulfurique se condensera et ruissellera le long de ces parois, qu'il rongera plus ou moins rapidement.

Mais, à ces basses températures, l'acide carbonique, dans une atmosphère humide renfermant de l'oxygène, de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique, est aussi un oxydant énergique, surtout au-dessous de 100°, à 80°, à 70°, etc., là, sur des parois froides, le long desquelles la vapeur d'eau peut se condenser en gouttelettes, comme une rosée.

La suie spongieuse, que déposent sur les parois froides certaines houilles grasses par leurs fumées, retient très fortement l'humidité et les acides sulfurique, sulfureux et carbonique, qui attaquent les tôles. Cette suie humide avec de l'oxygène libre, en excès dans les fumées, favorise la transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique.

Enfin, on remarquera qu'une cause souvent ignorée de la destruction des parois froides terminales des chaudières à vapeur est due à l'oxydation pyriteuse, du sulfure de fer (pyrite), que renferment certains combustibles. On trouve des houilles à 1, 1 1/2, 2 et 3 0/0 de pyrite. Si ces houilles, surtout l'hiver, restent trois à quatre mois en dépôt en plein air (non couvert), leur pyrite s'oxyde, il se forme de l'acide sulfurique qui se combine avec l'alumine et l'oxyde de fer formé, pour produire l'*alun ferrique*.

Cet alun, chargé avec les houilles dans les foyers, distille son acide fumant, qui va se condenser sur les parois terminales des chaudières, où, grâce à la vapeur d'eau qui s'y condense aussi, commence son œuvre de destruction. Car il ne faut pas oublier que, dans les chaudières à bouilleurs dits réchauffeurs, la tôle de ceux-ci peut être à 25°, 35° et 50°, alors que les gaz qui s'échappent à la cheminée sont à 200° et 250°.

2° En parlant des essais de soudure pour les tubes en acier destinés aux chaudières multitubulaires, on a dit que les tubes soudés devaient être impitoyablement repoussés, attendu que la soudure *était un défaut*. Comme les tubes sans soudure coûtent trois à quatre fois plus cher que les tubes soudés, il faut se demander s'il n'y a pas moyen d'obtenir de bonnes soudures, comme celles des bielles de locomotives, où cependant pour l'accouplement elles fatiguent considérablement en résistant parfaitement bien autant que la pratique peut le réclamer (1).

L'étude de la question a victorieusement démontré que, si l'acier fondu extra-doux, ou mieux *le fer homogène*, a la même pureté chimique que les très bons fers décarburés *à fond*, ce fer fondu, *homogène*, soude aussi bien que le fer misé, en présentant la même sécurité, c'est-à-dire en donnant des soudures parfaites, dans lesquelles la résistance à la traction n'est diminuée que de 3 à 5 0/0; ce qui, en pratique, est sans intérêt.

Seule, la méthode basique peut donner cette pureté d'affinage et cette soudabilité, quand on sait affiner au four Martin; ce qui est encore un mystère pour beaucoup de praticiens.

M. Aug. Moreau demande à M. Lencauchez quelques explications sur le rôle oxydant qu'il prête à l'acide carbonique, qui est un gaz inerte.

M. Lencauchez répond que ce fait est constaté par l'expérience; les laveurs de fumée que l'on construit en tôle s'usent très rapidement. Les chimistes attribuent cette action à l'oxygène libre qui accompagne l'acide carbonique humide.

M. A. Moreau partage cet avis.

Sous le bénéfice des observations qui précèdent, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de MM.:

Benoit-Duportail (A.-C.), membre de la Société depuis 1848 et ancien membre du Comité.

Nous garderons tous un sympathique souvenir de l'homme affable et bienveillant qui a rempli avec tant de zèle les fonctions de bibliothécaire de notre Société. M. Benoit-Duportail, dont la carrière fut longue et bien remplie, avait été Ingénieur aux Chemins de fer du Nord et de l'Ouest, et conservateur du musée de la Société centrale du Travail professionnel.

Dornès (A.-Ch.-J.), membre de la Société depuis 1871, chevalier de la Légion d'honneur, ancien Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille

(1) Généralement les bielles se composent de trois parties soudées à la forge : un corps et deux têtes.

et Ingénieur du Génie militaire pendant la guerre de 1870. Il était, en dernier lieu, administrateur-directeur de la Compagnie agricole de la Crau et des marais de Fos.

Dubois (G.-J.), membre de la Société depuis 1877, a été directeur-gérant, administrateur et Ingénieur-conseil de la Société des Charbonnages de Marihaye.

M. le Président informe la Société que son Président a été nommé membre de la Commission supérieure de l'Exposition de 1900.

MM. Canovetti, Gasne et Henry Japy ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur; M. F. Bourdet a été nommé commandeur de Saint-Stanislas, et M. Alex. Charliat, chevalier d'Isabelle la Catholique.

M. le Président communique à la Société l'avis annonçant l'ouverture à Lyon, en 1894, d'une Exposition universelle, internationale et coloniale. Il ajoute que la Société ne peut évidemment se désintéresser de cette Exposition.

M. Aug. Moreau donne quelques détails à ce sujet. Il s'est forme un comité local et un comité parisien dont un grand nombre de nos collègues font partie, particulièrement pour le groupe VIII (Architecture et Génie civil). Il est donc certain que les membres de la Société sont assurés de trouver là le meilleur accueil, soit qu'ils veuillent exposer, soit même qu'ils désirent participer à la constitution des comités de groupes qui n'est pas encore définitive.

M. le Président remercie M. Moreau de cette intéressante communication.

Il donne lecture de la lettre suivante de M. F. Chaudy :

« *Paris, le 3 octobre 1893.*

» Monsieur le Président,

» La note de M. Zdziarski sur un *nouvel excavateur à chevaux*, pu-
» bliée dans le dernier *Bulletin* (juillet 1893), me suggère une réflexion
» à laquelle je vous demande de vouloir bien réserver un bon accueil.
» C'est à la fin de sa note que M. Zdziarski exprime cette pensée
» qu' « il est évident que les exemples cités et tirés de la pratique amé-
» ricaine n'épuisent pas tous les cas des terrassements où l'excavateur New
» Era peut être appliqué avec succès ». Je partage si bien cette manière
» de voir de notre collègue que je fais remarquer la possibilité d'ajouter,
» sur la liste qu'il donne des applications des excavateurs à chevaux, la
» construction des retranchements classiques de la fortification passa-
» gère. Aucun de nous n'ignore aujourd'hui la forme à donner, sur les
» champs de bataille, aux retranchements qualifiés ordinaires, rapides
» ou improvisés, et chacun sait que ces retranchements sont composés
» essentiellement d'un parapet dont les terres proviennent d'un ou de
» deux fossés adjacents. Or, on est frappé, en plaçant les dessins de ces
» profils à côté de ceux que nous montre M. Zdziarski, de leur simili-

» tude avec ceux-ci. C'est cette analogie de forme qui fait penser naturellement à employer à la guerre les charrues de tous genres. Il ne faut pas se dissimuler, en effet, que les terrains pour lesquels ces appareils sont à recommander de préférence aux pioches se rencontreront sur les champs de bataille futurs où il s'agira de creuser des tranchées de 0,50 *m* de profondeur seulement. Il ne suffit donc pas, à mon sens, de soumettre aux règles inflexibles de la réquisition les chevaux, locomotives, wagons de notre pays au moment de la mobilisation. Il faut encore chercher à utiliser les outils dont l'agriculteur et l'Ingénieur des travaux publics savent faire usage en temps de paix pour fouiller le sol. Ce n'est pas au dernier moment qu'il faudra songer à cette utilisation ; c'est dès maintenant que son étude s'impose.

» Telle est, du moins, la conviction que je partage déjà avec plusieurs de nos collègues.

» Veuillez agréer, etc.

» Chaudy. »

L'ordre du jour appelle la communication de M. A. Lavezzari sur *les mécanismes employés pour le démarrage des locomotives compound. Leur suppression complète sur une machine de l'État autrichien, type 1893.*

M. Lavezzari rappelle les communications qui ont déjà été faites à la Société au sujet des locomotives compound, par MM. Mallet, Polonceau, Pulin, Lencauchez, etc., qui ont exposé avec une grande compétence les avantages et aussi les quelques inconvénients de ce système.

Pour sa part, il se renfermera dans la seule étude des appareils de démarrage.

Le mécanisme de mise en marche se compose, presque toujours, d'appareils d'admission et d'interception de vapeur, interposés entre les cylindres de haute et de basse pression.

Les premiers servent à introduire de la vapeur dans le réservoir intermédiaire et de là dans le grand cylindre, quand le tiroir du petit cylindre est fermé, les seconds servent à empêcher cette vapeur de venir agir à contre-pression sur le petit cylindre.

M. Lavezzari passe ensuite rapidement en revue les appareils les plus employés et qui ont été décrits avec détail par MM. Polonceau et Mallet.

Il décrit ensuite l'appareil de démarrage imaginé par M. du Bousquet sur les machines à grande vitesse du chemin de fer du Nord. Le but de la disposition employée a été surtout de rendre indépendantes les commandes de distribution des deux groupes de cylindres, ce qui permet d'employer à volonté et suivant les besoins la marche en compound ou la marche ordinaire, et aussi, en cas d'accident, à l'un de ces groupes de continuer la route avec l'autre seul.

Ayant eu, grâce à l'obligeance de M. du Bousquet, la bonne fortune de faire plusieurs voyages sur ces machines, il a pu reconnaître par lui-même leur parfait fonctionnement.

La Compagnie du Paris-Lyon-Méditerranée construit aussi des machines compound qui présentent des détails fort intéressants et qui ont

été décrites par M. l'Ingénieur en chef, Baudry, dans la *Revue générale des chemins de fer.*

M. Lavezzari pense que si le problème qui a été résolu pour les machines du Nord est intéressant, surtout pour les locomotives à grande vitesse circulant sur des voies très encombrées, il n'est pas toujours de toute nécessité de l'aborder, principalement pour les machines à marchandises, ce qui permet de réaliser des économies et surtout des simplifications importantes dans la construction. Il est, en effet, permis d'admettre, dans bien des cas, que si une avarie survient à une locomotive, elle ne peut pas continuer son service ; c'est ce qui arrive pour toutes les machines compound à deux cylindres seulement.

Il est d'autant plus important de simplifier les appareils de démarrage, qu'ils ne servent presque jamais.

L'orateur explique à l'aide de figures tracées au tableau :

1° Qu'avec une distribution permettant une admission de plus de 90 0/0 dans chaque cylindre, comme celle d'Heusinger dont le dessin est affiché, les appareils d'interception deviennent inutiles, cette interception se faisant d'elle-même en temps utile par le seul jeu de la distribution ;

2° Que l'introduction, interrompue en temps utile, de la vapeur vive dans le cylindre de basse pression peut s'effectuer sans l'intervention d'une soupape spéciale de mise en marche au moyen d'orifices percés dans la glace du tiroir de ce cylindre. Ces orifices restent fermés tant que l'admission est inférieure à 50 0/0 et ne s'ouvrent que quand on veut avoir une admission supérieure, comme cela arrive au démarrage. Mais alors ils restent ouverts pendant presque toute la course du piston.

Cette dernière assertion est confirmée par l'examen du diagramme de Zeuner.

La première locomotive compound, sur laquelle ce principe a été appliqué est une machine à marchandises à deux cylindres des chemins de fer de l'État autrichien ; elle a donné des résultats remarquables comme sûreté de démarrage et comme puissance. Ainsi elle remorque couramment sur un parcours de 13 *km* avec rampe de 0,010 *mm* des trains de 570 *t*, alors que les machines ordinaires entièrement semblables, sauf en ce qui concerne les cylindres, ne peuvent remorquer que 460 *t* de train.

M. Lavezzari présente des diagrammes relevés dans ces conditions sur cette machine qui montrent avec quelle régularité a fonctionné la distribution.

Grâce à cette simplicité, la conduite de ces machines ne diffère pas de celle des machines ordinaires, n'importe quel mécanicien est en état de les conduire sans instruction spéciale.

Ces divers avantages ont fait adopter ce type de locomotive compound par l'État autrichien qui en fait actuellement construire un assez grand nombre.

En terminant, M. Lavezzari rappelle que son seul but en présentant cette communication a été de faire connaître une nouvelle solution, qui paraît fort simple, du problème que notre collègue M. Mallet a, le premier,

si savamment résolu, mais il n'a nullement la prétention de critiquer celles qui l'ont précédée.

M. Pulin demande à présenter quelques observations au sujet de la communication de M. Lavezzari.

Tout en reconnaissant l'importance de la question des appareils de mise en marche pour les locomotives compound, il ne croit pas que les mécomptes auxquels plusieurs dispositifs ont pu donner lieu soient la cause de la réserve de certaines Compagnies de chemins de fer à l'égard de ces machines. Il n'est pas inutile de rappeler que l'application du fonctionnement compound aux locomotives, inventée en France, a commencé à prendre du développement à l'étranger. De nombreux systèmes de mise en marche, différents de celui que M. Mallet a employé à l'origine, ont surgi en peu de temps, et malgré les tâtonnements inévitables dans l'étude de ces appareils qui, pour le plus souvent, constituaient la principale différence des nouveaux types de machines entre eux, malgré les difficultés d'emploi, le nombre des locomotives compound n'a cessé d'augmenter à cette époque dans les divers pays d'Europe. Il y a plusieurs années qu'aux chemins de fer de l'Etat de Hanovre, par exemple, on n'emploie que des locomotives de ce genre.

En second lieu il conviendrait, au point de vue qui nous occupe, d'établir une distinction entre les machines, d'après le nombre de leurs cylindres : pour celles qui en ont deux, la possibilité de l'admission directe de la vapeur de la chaudière dans le réservoir intermédiaire est indispensable, une locomotive ne pouvant pas démarrer avec un seul cylindre; mais à l'origine, les inventeurs se sont souvent attachés à employer des appareils automatiques, d'où une certaine complication de fonctionnement, signalée à juste titre dans le mémoire de M. Lavezzari. On pourrait ajouter que, même lorsqu'ils marchent toujours bien, les appareils automatiques ont l'inconvénient de paralyser l'initiative du mécanicien : il est bon que celui-ci puisse donner à l'admission directe, au moment du démarrage, la durée qu'il juge nécessaire, et qu'il soit à même d'utiliser, au besoin, cette ressource en pleine marche.

Sur les locomotives à trois ou à quatre cylindres dont deux à haute pression, la condition d'admission directe de la vapeur vive au réservoir intermédiaire à certains moments est moins rigoureuse ; elle est cependant très utile, en ce sens qu'elle permet d'obtenir immédiatement dans le cas de démarrage en compound, une pression qui, à défaut de cette disposition, ne s'établit qu'après une série de coups de pistons. C'est ce qui a été fait au Chemin de fer du Nord sur la première locomotive à grande vitesse, système compound à quatre cylindres, mise en service en janvier 1886 et sur les nouvelles machines plus puissantes du même type. Toutefois, dans ces dernières, on peut envoyer la vapeur d'échappement des petits cylindres dans l'atmosphère, en même temps qu'on admet la vapeur vive dans le réservoir. M. Lavezzari a vu dans l'appareil adopté à cet effet une petite complication de la machine, et en outre il a conclu que le caractère particulier des appareils de démarrage est de ne jamais servir.

M. Pulin estime que ce mot de *complication* doit être réservé princi-

palement pour les systèmes dont le fonctionnement est incertain. L'existence, sur une locomotive, d'un appareil rarement employé, est justifiée si le mécanicien peut compter sur cet appareil au moment opportun.

Passant au système de mise en marche pratiqué sur la nouvelle machine à marchandises de l'État autrichien, M. Pulin dit que la distribution donnant une introduction maxima de 94 0/0 aux petits cylindres, est avantageuse, surtout si elle procure en même temps une ouverture et une fermeture rapide des lumières; mais il est à craindre que ce perfectionnement et la disposition prévue pour l'admission directe de la vapeur dans la boîte à tiroir du grand cylindre ne soit pas suffisant pour permettre la suppression de la valve d'interception ou des dispositions produisant le même effet.

La position des manivelles motrices et l'importance du travail par coup de piston, obtenu avec la vapeur à une pression déterminée, dans un cylindre de volume donné, ne sont pas les seuls éléments à considérer ici. Il faut se préoccuper, dans les locomotives compound à deux cylindres, d'égaliser le plus possible les travaux développés des deux côtés de la machine, lorsque l'effort de traction est important. Or, on ne peut obtenir ce résultat si la vapeur admise dans le réservoir intermédiaire annule ou réduit notablement l'effort moteur qui s'exerce sur le petit piston.

Enfin la disposition employée, sur la machine en question, pour amener la vapeur vive dans la boîte à vapeur du grand cylindre, paraît critiquable. Cette vapeur s'y introduit, par deux orifices pratiqués dans la table du tiroir, lorsque l'admission acquiert un taux déterminé — 50 0/0 dans le cas actuel. — On peut objecter d'abord que c'est là encore un système automatique ; en second lieu cette disposition interdit l'emploi du fonctionnement compound avec les admissions au grand cylindre égales ou supérieures à 50 0/0, lesquelles sont pourtant assez usitées. En troisième lieu, la faible section qu'il faut inévitablement donner à ces orifices fait craindre une certaine lenteur de démarrage.

M. Lavezzari dit qu'il suffit d'une seconde pour obtenir dans la boîte à vapeur une pression égale à la moitié de celle de la chaudière.

M. Pulin répond qu'il ne faut pas se contenter de produire l'effort maximum au premier instant du démarrage, avec la disposition proposée, alors qu'il n'y a pour ainsi dire pas d'écoulement de vapeur; on peut craindre que, dès les premiers tours de roues, la pression baisse en raison du débit qui occasionne une perte de charge dans les tuyaux et, pour les locomotives à voyageurs surtout, l'effort maximum doit avoir une certaine durée. Ces observations s'appliquent à plus forte raison au cas où l'on voudrait admettre la vapeur vive dans le grand cylindre en pleine marche. Ce cas, pour être rare, n'en mérite pas moins une sérieuse considération, les locomotives devant, pour la régularité du service, pouvoir marcher temporairement avec un seul mécanisme de propulsion, lorsque l'autre est avarié : cette ressource peut être utilisée très avantageusement lorsque, pour un motif quelconque, la pression vient à s'abaisser beaucoup dans la chaudière.

D'ailleurs, et puisqu'il s'agit d'une locomotive compound, la possibi-

lité d'admettre franchement la vapeur de la chaudière, directement dans le grand cylindre en cours de route, est toujours à recommander.

M. Lavezzari déclare qu'il est d'accord avec M. Pulin ; aussi tout en reconnaissant que la solution adoptée au Nord est parfaite dans le cas envisagé et qu'elle est nécessaire pour les trains de grande vitesse, il a voulu simplement indiquer qu'il y avait peut-être d'autres cas où l'on peut avoir intérêt à simplifier le dispositif de démarrage.

M. Fettu fait observer qu'aux chemins de fer Départementaux, sur les machines Mallet, on a résolu le principe de l'introduction directe de la vapeur d'une façon très simple par l'emploi d'un petit robinet spécial; la vapeur agit dans ce cas pour produire le démarrage en raison de la différence de section des pistons.

M. le Président remercie M. Lavezzari de sa communication, qu'il trouve extrêmement intéressante.

Il se demande, cependant, si les promoteurs du système compound n'ont pas été en quelque sorte dans l'obligation de chercher à faire une machine aussi simple que la locomotive ordinaire, par les résistances qu'ils ont rencontrées.

Il croit que les complications que l'on veut éviter offrent en réalité bien peu d'inconvénients et que presque toutes les solutions qu'on présente pour les éviter ont pour résultat d'empêcher de tirer des locomotives compound tout ce qu'on est en droit d'en attendre.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Regnard sur les *travaux du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Besançon.*

M. P. Regnard rappelle que l'Association française pour l'avancement des sciences a tenu sa vingt-deuxième session à Besançon, du 3 au 10 août de cette année, sous la présidence de M. Bouchard, membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine, professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

La séance d'ouverture a eu lieu à 2 heures et demie, dans la salle du Théâtre, le 3 août; après un discours de bienvenue prononcé par le maire de la ville, M. le professeur Bouchard a ouvert la session par un discours vibrant de patriotisme, dans lequel il a cité les illustrations de la Franche-Comté : le cardinal Granvelle, Victor Hugo, les généraux Pajol, Lecourbe, Moncey, et rappelé que l'Association française vise un double but, et que, à travers le progrès scientifique, elle voit la grandeur de la patrie.

Après avoir cité quelques passages de ce beau discours, M. Regnard expose rapidement les travaux du Congrès. Il fait hommage à la Société d'un exemplaire de la brochure inédite qui a été faite pour les congressistes et qui constitue, en un beau volume de près de 700 pages, un véritable guide scientifique, pittoresque et industriel de Besançon et de la Franche-Comté.

Le Congrès s'est partagé en dix-sept sections, savoir : Mathématiques et Astronomie, Génie civil, Physique, Chimie, Météorologie, Géologie,

Botanique, Zoologie, Anthropologie, Sciences médicales, Agronomie, Géographie, Economie politique, Pédagogie et Hygiène.

Un nombre considérable de questions ont été présentées et discutées dans chacune de ces sections; aussi M. Regnard n'entreprendra-t-il pas d'en donner à la Société même une simple énumération, laissant à chacun de ses collègues le soin de lire *in extenso*, dans les deux volumes que publie annuellement la Société française pour l'avancement des sciences, celles de ces questions qui pourront les intéresser.

Il cite quelques-unes des plus importantes parmi celles qui lui ont paru le plus se rapporter aux études et aux travaux de la Société des Ingénieurs civils. Il relate notamment la part prise par notre vice-président, M. Ch. Herscher, délégué de la Société au Congrès de Besançon, aux discussions concernant les questions d'hygiène, et l'importante communication de M. Fleury, membre du Comité et délégué de la Société au Congrès, sur les traités de commerce. Il cite la communication de M. Janssen, membre de l'Institut, sur l'Observatoire qu'il vient de faire construire au sommet du Mont Blanc, et rappelle à ce propos les travaux antérieurs de nos collègues, MM. H. et J. Vallot, qui ont édifié l'Observatoire météorologique du Mont Blanc, travaux bien connus des membres de la Société.

Il note, en passant, la communication de M. E. Cacheux sur les divers systèmes adoptés en Allemagne pour les cités ouvrières, et rappelle l'exposé fort intéressant de M. le colonel Laussédat, l'éminent Directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, de la méthode qu'il a créée pour lever les plans à l'aide de la photographie.

Une très remarquable application de cette méthode se poursuit au Canada depuis 1888, pour la construction d'une magnifique carte des montagnes Rocheuses.

M. Regnard est persuadé que beaucoup de nos collègues pourraient tirer de cette méthode un parti avantageux pour des avant-projets et des levés de terrain en pays accidenté.

Enfin, M. Regnard expose à la Société la question soumise à la discussion de la 4e section : traction mécanique des tramways. Il énumère et compare tous les systèmes à vapeur, à air comprimé, électriques ou funiculaires, et conclut que l'adoption de la traction mécanique, combinée avec une large extension du réseau actuel des voies de tramways de Paris, lui semble devoir rendre à la population parisienne plus de services à moins de frais qu'aucun des innombrables projets de Métropolitain qui ont été proposés.

M. Regnard termine sa communication sur le Congrès de Besançon en relatant les visites industrielles fort intéressantes faites par les congressistes, et les trois excursions qui ont permis de visiter Salins, Nans-sous-Sainte-Anne, Belfort, Montbéliard, Valentigney, où notre collègue, M. Peugeot, a libéralement montré toutes ses usines aux excursionnistes, et en dernier lieu Pontarlier, les sources de la Loue, Neuchâtel, la Chaux-de-Fonds, le Locle, le Saut-du-Doubs et Morteau.

Une fort remarquable exposition d'horlogerie était ouverte pendant le séjour à Besançon des membres du Congrès, qui ont pu visiter, en outre, les Bains salins de la Mouillère, luxueusement installés, diverses

fabriques d'horlogerie, l'École nationale d'Industrie laitière, l'Observatoire chronométrique, muni d'instruments remarquables, l'École d'horlogerie, la fabrique de soie artificielle, qui n'est pas encore en cours d'exploitation industrielle, malgré les progrès apportés à ses procédés depuis 1889, et la citadelle de Besançon.

Trois soirées ont été remplies par des conférences : de M. Durier sur le Jura, de M. Janet sur l'électricité, de M. Zenger sur le système du monde électrodynamique.

Avant de se séparer, le Congrès a nommé vice-président notre sympathique et dévoué ancien président, M. É. Trélat, et décidé que sa vingt-quatrième session se tiendrait à Bordeaux en 1895.

L'année prochaine, le Congrès, d'après la décision prise à Pau en 1892, se réunira à Caen sous la présidence de M. Mascart. M. Regnard souhaite qu'un grand nombre de nos collègues puissent y assister.

M. Aug. Moreau demande à M. Regnard s'il a été fait de nouveaux essais de résistance de la soie artificielle, qu'on avait déjà vue à l'Exposition de 1889 et qui avait été reconnue alors beaucoup plus cassante que la soie naturelle.

M. D.-A. Casalonga ajoute qu'un autre inconvénient de cette soie était sa grande inflammabilité.

M. Regnard répond que cette fabrication est encore dans la période d'essai.

M. A. Moreau dit, à propos du funiculaire dont M. Regnard lui a paru très partisan, que ce système peut rendre des services dans des cas spéciaux, mais qu'il ne lui parait pas en général être une solution bien avantageuse.

M. Regnard réplique que le funiculaire de Belleville, sur lequel on a tant daubé et qui est établi dans les conditions les plus difficiles, est une preuve que ce système est un merveilleux instrument se prêtant à toutes les exigences du service. Il préférerait néanmoins l'établissement sur nos boulevards de tramways électriques prenant le courant à un fil au moyen de trolleys. Dans tous les cas il se déclare partisan d'une circulation à niveau qu'il trouve bien préférable aux systèmes souterrains ou aériens.

M. Aug. Moreau pense que le Métropolitain sera toujours le dernier mot de la question, et alors étant admis qu'on ne l'établira que quand la circulation aura atteint dans les rues son maximum d'intensité, il sera tout naturel de l'établir, soit en dessus, soit en dessous de la chaussée qu'il s'agira de désencombrer.

M. Regnard dit que la solution à niveau qu'il préconise n'est pas le Métropolitain, mais bien le développement du réseau actuel des tramways. Il ajoute que partout où il n'y a pas de tramways il faut en établir et que partout aussi il faut remplacer les chevaux par la traction mécanique et augmenter la vitesse.

M. le Président fait observer que la question du Métropolitain n'est pas à l'ordre du jour.

M. P. Villain aurait désiré dire quelques mots sur cette question spéciale du programme de la section du Génie civil et répondre à la thèse exposée par M. Regnard.

M. Casalonga ajoute qu'au Congrès de Besançon M. Mékarski, après M. Villain, a donné d'intéressants détails sur cette double question du Métropolitain et du développement de la circulation des voyageurs.

M. le Président pense qu'il convient de remettre cette communication, vu l'heure avancée, à une autre séance.

M. P. Villain se borne à citer quelques chiffres relatifs à l'augmentation de la circulation sur les tramways à Paris, à Londres et à New-York. Il dit que les résultats de ces statistiques récentes conduisent à des conclusions différentes de celles de M. Regnard.

La séance est levée à 11 heures.

Séance du 20 octobre 1893.

Présidence de M. P. Jousselin, président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. le Président annonce qu'il vient de recevoir de notre très distingué collègue russe, M. Belelubski, professeur de l'Institut des Ingénieurs des Voies de communication à Saint-Pétersbourg, la dépêche suivante :

« *Aux jours de votre réception fraternelle, salut cordial.*

» Signé : Belelubski. »

Notre collègue fait certainement allusion à la réception des marins russes. M. le Président propose à l'Assemblée de répondre à cette aimable dépêche dans les termes suivants :

« *Professeur Belelubski, Saint-Pétersbourg.*

» *Société des Ingénieurs civils de France, réunie en séance, remercie chaleureusement ses collègues russes et leur envoie témoignage d'affectueux sentiments.*

» Signé : *Président* Jousselin. »

(Oui ! oui ! — Vifs applaudissements.)

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de MM. Mathieu (Hippolyte-Henri), membre de la Société depuis 1882, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons, Ingénieur-constructeur à Paris,

Et A. Ménassier, membre de la Société depuis 1891, ancien élève de l'École Polytechnique de Zurich; a été Ingénieur-chimiste et maître de verrerie, s'est occupé également comme Ingénieur de la Société de l'Embrayage électrique, d'installation et d'essais du frein électrique Achard.

M. le Président a le plaisir d'informer la Société que MM. L. Bacle et Ed. Humbert ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Govignon a été nommé commandeur du Medjidié, et M. Couriau commandeur de l'ordre national du Vénézuéla.

M. Delaunay-Belleville a été nommé directeur général de l'Exploitation de l'Exposition universelle de 1900. M. le Président adresse les félicitations de la Société à notre très distingué collègue à l'occasion de cette nomination.

M. A. Brüll a la parole pour dire quelques mots de l'*Atlas du Comité central des Houillères de France*, par M. E. Gruner, ouvrage offert par notre collègue à la Société.

M. A. Brüll. — Le Comité central des Houillères de France vient de faire paraître, chez les éditeurs Baudry et Cie, un atlas des bassins houillers de la France, de la Grande-Bretagne, de la Belgique et de l'Allemagne.

L'auteur de ce travail, notre collègue, M. E. Gruner, secrétaire du Comité des Houillères, en vous faisant hommage d'un exemplaire de l'atlas, m'a prié d'appeler un instant votre bienveillante attention sur le but et la consistance de cet ouvrage.

L'objet de la publication a été de réunir les cartes des principaux bassins houillers européens, tracées à la même échelle, et de donner sur ces cartes une représentation graphique des productions, des exportations et des importations. On s'est proposé de montrer aux yeux la destination des charbons produits ou importés en France et de figurer la distribution dans le monde du combustible exporté par les ports charbonniers de l'Angleterre et de l'Écosse.

Le texte qui accompagne les planches est destiné à grouper les chiffres les plus importants des statistiques, à rappeler sommairement l'historique de chaque district, à exposer les conditions économiques de son exploitation actuelle et à présenter les prévisions que les faits connus permettent de former pour l'avenir.

L'atlas est composé de 36 planches, dont 17 sont consacrées à la France, 8 à la Grande-Bretagne, 4 à la Belgique et 7 à l'Allemagne.

Les neuf feuilles de texte comprennent une première partie donnant un aperçu général sur la richesse houillère du monde et des notions générales sur les houilles, et quatre autres parties traitant successivement des quatre pays sur lesquels l'étude a porté. Pour chacun d'eux, on expose le régime légal des houillères, l'organisation administrative, le développement de la production, la distribution des concessions, la consommation de combustible, puis une étude sommaire de chacun des bassins houillers.

On voit dans la première partie qu'en 1890 il a été produit et consommé, dans le monde entier, environ 510 millions de tonnes de houille valant plus de 5 milliards de francs. La France occupe le cinquième rang parmi les pays producteurs et entre dans ce total pour 26 millions de tonnes ou 51 millièmes.

L'accroissement de production de la dernière période décennale, par rapport à la précédente, a été de 37 0/0 en France, 25 0/0 en Angleterre, 22 0/0 en Belgique et 54 0/0 en Allemagne. Pendant le même temps, il s'élevait à 84 0/0 aux États-Unis.

L'ensemble des chiffres montre que les contrées où l'exploitation est déjà ancienne, où le réseau des voies ferrées approche de sa perfection, présentent des accroissements bien moindres que les pays comme les

Etats-Unis, le Canada, la Russie, où la mise en valeur des gisements a commencé plus récemment et qui sont encore activement engagés dans la construction des chemins de fer.

De plus, dans les pays les plus avancés, l'accroissement est moins actif actuellement qu'il n'était il y a dix ans et l'on peut inférer de là que la production et la consommation ne s'accroîtront pas sans limite dans ces pays.

Toutefois, les statistiques ne sont pas encore assez anciennes pour qu'on puisse chercher dès à présent à évaluer cette limite. Encore moins faut-il y songer pour les pays où l'exploitation de la houille est en plein cours de développement ou bien pour ceux où elle débute à peine.

La genèse de la houille et la classification des étages houillers sont présentées d'après les remarquables travaux de MM. Fayol, notre collègue, Grand'Eury et de Lapparent ; la classification des houilles et anthracite est empruntée à Louis Gruner et les pouvoirs calorifiques des divers combustibles sont ceux déterminés récemment à Paris par notre collègue M. P. Mahler (1) et diffèrent sensiblement des chiffres précédemment admis. C'est ainsi que les plus forts pouvoirs calorifiques sont attribués aux houilles grasses proprement dites (charbon de forge), aux houilles grasses à courte flamme (charbon à coke) et à certaines houilles anthraciteuses.

Parmi les quatre autres parties de l'Atlas, nous mentionnerons seulement celle qui se rapporte à la France ; les trois autres sont d'ailleurs composées suivant le même plan.

La législation française assure la stabilité de la propriété tout en laissant à l'Etat les droits les plus étendus pour ce qui touche à la sécurité des personnes. On doit souhaiter que cette législation résiste aux attaques passionnées qu'elle subit de temps à autre, car elle a produit le développement normal de l'exploitation de la houille, le perfectionnement des méthodes d'exploitation et la réduction du nombre des accidents, moins fréquents en France qu'en aucun autre pays.

La France produit actuellement plus de 26 millions de tonnes de houille par an, soit cent fois plus qu'elle n'extrayait il y a un siècle. Elle consomme environ 37 millions de tonnes, de sorte que l'excédent des importations sur les exportations est descendu à 30 0/0 à peu près. L'historique de la production est fort intéressant. Il montre que, depuis 1830, les bassins houillers du Nord, de la Loire et de Blanzy ont joué, dans le développement de la production, un rôle prépondérant. En 1847, la production avait triplé. Depuis cette époque, le bassin du Nord et du Pas-de-Calais a décuplé d'importance. Il a puissamment contribué à diminuer la proportion des importations dans la consommation du pays. Ces districts peuvent encore augmenter beaucoup l'intensité de leur exploitation. L'auteur expose les facilités de transport et d'embarquement qui pourraient certainement favoriser ce mouvement.

Pendant la même période, le bassin de la Loire a doublé sa produc-

(1) *Contribution à l'étude des combustibles : détermination industrielle de leur pouvoir calorifique*, par P. Mahler, Ingénieur civil des mines; travaux exécutés sous les auspices de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. (*Bulletin de la Société d'encouragement*, 1892, page 319.)

tion. Mais, depuis une vingtaine d'années, il ne fait que la maintenir et l'on doit prévoir une prochaine décroissance.

Cette décroissance a déjà commencé pour le groupe des houillères du centre.

En dehors du riche bassin du Nord et du Pas-de-Calais, tous les autres districts réunis ne laissent pas espérer une production annuelle de plus de 15 millions de tonnes. Mais on peut entrevoir d'ici à une vingtaine d'années que la production du Nord passera de 15 à 30 millions de tonnes par année.

Avec une production de 45 millions de tonnes par an, la France suffirait pour longtemps à ses besoins et, ici, l'auteur s'attache à montrer qu'il n'y a guère au dehors de variété de combustible dont notre pays ne présente l'équivalent.

Le prix de vente moyen sur le carreau de la mine des charbons français est évalué à 13,25 *f* et le prix de revient au même point à 10,76 *f*, dont 6,09 *f* de main-d'œuvre.

Sur 636 concessions de houille instituées en France, il y en a 349 exploitées. Les concessions inactives, souvent après des dépenses importantes et prolongées, ne peuvent, à de rares exceptions près, fournir utilement de charbon et M. Gruner démontre qu'il ne servirait à rien d'exproprier les concessionnaires. Il serait chimérique d'espérer que des groupes d'ouvriers ou l'État lui-même, ou bien de nouveaux concessionnaires puissent arracher à un sous-sol ingrat des richesses qu'il ne recèle pas ou qu'il ne peut livrer que parcimonieusement et au prix d'efforts excessifs.

Pourquoi faut-il que, là où la nature a tout préparé pour livrer libéralement ses trésors, les hommes qui mettent en valeur ces richesses, qui en recueillent la part opime, qui reçoivent en plus de la récompense de leur travail, tant de preuves matérielles de bienveillance et d'affection, se laissent si facilement entraîner par de criminelles excitations dont on ne sait pas les protéger, à suspendre presque périodiquement leur travail bienfaisant? Pourquoi faut-il que ces enfants bercés d'illusions, lancés à la poursuite d'irréalisables rêves, s'imposent pendant si longtemps, de si dures et si stériles privations, sans se soucier de la patrie dont on leur a voilé l'image, mais qui souffre de leur aveuglement opiniâtre?

Laissant ces tristes réflexions, nous nous permettons de conclure en vous conseillant de lire l'intéressant travail de M. Gruner dont nous avons essayé de donner une faible idée.

M. le Président dit que toute la Société applaudira aux dernières paroles de M. Brüll qui touchent à la question sociale, et il ajoute que nous lirons tous avec grand intérêt l'ouvrage de M. Gruner qui comble un vide dans les documents relatifs à l'industrie minéralogique.

La Société a reçu avis qu'une Exposition dite « *Exposition hivernale et internationale de Californie* », se tiendra à San-Francisco du 1er janvier au 30 juin 1894. Un extrait du règlement général accompagne cet avis.

M. Casalonga a adressé la lettre suivante au Secrétariat de la Société à l'occasion du procès-verbal de la dernière séance :

« Mon cher Collègue,

» Vous me faites dire qu'un « autre inconvénient » de la soie artificielle est son *inflammabilité*.

» Je n'ai parlé que de sa *résistance*, moindre, d'après ce que j'ai pu juger moi-même, que celle de la soie ordinaire.

» Au sujet du Métropolitain, j'ai dit — ainsi que je l'avais exposé au Congrès de Besançon — que des intéressantes communications faites par MM. Villain et Mekarski il résultait que la question était double ; qu'il fallait distinguer, pour Paris, deux classes de voyageurs, l'une de *grands parcours*, à laquelle convient mieux le chemin de fer, l'autre *d'intérieur*, à laquelle ne convient bien que le tramcar.

» A vous cordialement,

» D. A. Casalonga. »

M. A. Mallet présente les observations suivantes au sujet de la communication de M. A. Lavezzari sur *les locomotives compound :*

M. Mallet expose qu'absent de Paris il n'a pu y rentrer assez tôt pour assister à la séance du 6 octobre et entendre la très intéressante communication de M. Lavezzari sur les mécanismes employés pour le démarrage des locomotives compound. Il a moins regretté de n'avoir pu prendre part à la discussion qui a suivi cette communication quand il a eu connaissance du procès-verbal de la séance, car tout ce qu'il aurait pu dire sur la question a été dit bien mieux et avec plus d'autorité par M. le Président du Bousquet et par M. Pulin. M. Mallet ne voudrait pas cependant laisser passer cette occasion sans ajouter quelques mots et citer quelques faits nouveaux, c'est pour cela qu'il a prié M. le Président de vouloir bien lui accorder quelques minutes au début de cette séance.

Sous peine d'introduire une confusion fâcheuse, il faut, comme l'a parfaitement fait ressortir M. Pulin, distinguer avec soin, au sujet du démarrage, entre le cas des machines compound à deux cylindres et celui des mêmes machines à deux groupes de cylindres. Indispensables pour les premières, les appareils de démarrage ne le sont pas autant pour les secondes, mais ils n'en sont pas moins utiles dans beaucoup de cas, c'est surtout une question d'espèce.

Pour les machines à deux cylindres, l'appareil de démarrage est la seule complication, si c'en est une, qu'elles présentent par rapport aux machines ordinaires.

Ces appareils ont aujourd'hui différentes formes, mais ils rentrent tous dans trois catégories distinctes.

La première, la plus ancienne, est constituée par le système que M. Mallet eut l'honneur de proposer en 1874 et de réaliser dès 1876 sur les locomotives du petit chemin de fer de Bayonne à Biarritz, lesquelles, soit dit en passant, sont à la fois les premières locomotives compound construites et les plus anciennes existantes à l'heure actuelle, puisqu'elles sont toujours en service depuis dix-sept ans. Le principe de ce

système est la faculté donnée au machiniste de convertir à tout moment la machine en une machine ordinaire, où chaque cylindre a son admission et son échappement distincts, et de continuer ce fonctionnement aussi longtemps qu'il est nécessaire, soit pour le démarrage, soit pour un coup de collier à produire, soit enfin pour le cas d'un accident de route. Cette machine à fonctionnement mixte est donc susceptible d'être entièrement assimilée à une machine ordinaire et pourra, absolument comme celle-ci, fonctionner même avec certaines avaries; ce n'est donc pas à elle que peut s'appliquer la critique faite, à ce point de vue, par M. Lavezzari, des locomotives compound à deux cylindres seulement.

M. Mallet ne fait aucune difficulté de reconnaître que, lorsqu'il a combiné ce genre de machines, il avait pour objectif la grande variation d'effort permise par cette disposition presque autant que l'économie de combustible, et ce fut peut-être cette faculté qui séduisit principalement les directeurs de la ligne en question et leur fit prendre l'intiative hardie de la commande de ces premières locomotives. Le fonctionnement mixte, un peu négligé depuis et bien à tort, a donc joué un rôle capital dans l'introduction de la locomotive compound. Les critiques ne lui ont cependant pas manqué dès ses débuts.

Quelques années plus tard, M. von Borries, Ingénieur des chemins de fer de l'Etat, à Hanovre, se proposa de simplifier la disposition précédente et ne recula point, dans ce but, devant la suppression absolue de la faculté de la marche directe. Ses premiers appareils, d'une simplicite extrême, ne réussirent pas et, après divers tâtonnements, il arriva à son arrangement de démarrage automatique dont le principe est l'emploi d'un obturateur mobile qui sépare le *receiver* en deux parties dont l'une n'a pas, au départ, de pression qui s'exerce derrière le petit piston, tandis que l'autre reçoit de la vapeur vive de la chaudière pour agir sur le grand piston. Dès que la machine tourne et que le petit cylindre évacue dans le *receiver*, son échappement ouvre l'obturateur, ferme en même temps l'arrivée de vapeur auxiliaire et détermine la marche en compound. Cette disposition ingénieuse, mais qui n'est déjà plus très simple, a le grave inconvénient de limiter la période de démarrage proprement dit à une fraction de tour de roue. Ce système, qui constitue en principe la seconde catégorie, est néanmoins encore le plus employé à l'heure actuelle.

La troisième classe se compose d'organes permettant une admission de vapeur vive au *receiver* avec cette particularité que ces organes sont reliés au changement de marche de manière qu'ils ne s'ouvrent qu'aux positions extrêmes de celui-ci, soit pour la marche en avant, soit pour la marche en arrière. Elle comprend le système Lindner, assez employé actuellement avec ses variantes, et le système Golsdorf dont M. Lavezzari a entretenu la Société dans la dernière séance. Le premier, tout au moins, ne saurait fonctionner efficacement sans l'addition de diverses dispositions telles que trous pratiqués dans les bandes du tiroir ou tiroirs auxiliaires, etc.

Ces appareils ont l'avantage de la simplicité, mais ils n'ont guère que celui-là; ils n'ont pas une efficacité et une sûreté comparables à celles

du fonctionnement mixte et donnent un démarrage inégal sur les deux côtés de la machine, beaucoup plus brutal si c'est le grand cylindre qui détermine le départ, parce que rien ne limite la pression au *receiver*. Pour éviter ces inconvénients, bien connus de ceux qui ont circulé sur des machines munies de ce système (tout au moins du premier), il faudrait les compliquer par l'addition de détendeurs, de soupapes de sûreté, etc.

En résumé, dans les trois catégories d'appareils, l'efficacité est en raison inverse de la simplicité.

Doit-on sacrifier la première de ces qualités à la seconde ? Ce serait admissible si, comme a cru pouvoir le dire M. Lavezzari, on ne se servait presque jamais de ces organes ; mais il est loin d'en être ainsi et M. du Bousquet a eu raison de conclure, avec sa haute compétence, que presque toutes les solutions qu'on présente pour éviter des inconvénients plus ou moins imaginaires ont pour résultat d'empêcher de tirer des locomotives compound tout ce qu'on est en droit d'en attendre. Rien n'est plus exact. Aussi commence-t-il à s'opérer un mouvement de réaction dont les faits suivants permettent d'apprécier l'importance.

M. von Borries, le promoteur du système de démarrage automatique, a été amené par l'expérience à reconnaître que pour tirer d'une locomotive compound tout le parti possible et ne pas être obligé d'exagérer les diamètres des cylindres, déjà à leur limite dans les grosses machines à deux cylindres, ces locomotives devaient avoir la faculté de fonctionner comme locomotives simples, au démarrage et sur les fortes rampes, de manière à donner momentanément plus d'effort que la marche en compound ne permet d'en obtenir. Le seul moyen de réaliser ce desideratum est, dit l'ingénieur allemand (*Organ*, 1re livraison de 1893), d'employer la disposition inaugurée par M. A. Mallet. Cette déclaration n'est point restée platonique et M. von Borries a déjà appliqué à un certain nombre de locomotives un dispositif très rapproché de celui employé par l'orateur, et pour l'usage duquel il a dû conclure un arrangement avec lui. Cette conversion de l'apôtre de l'automaticité est un fait qui n'a pas besoin de commentaires.

Il y a quelques années, un Ingénieur américain bien connu, M. Angus Sinclair, parlant des essais de locomotives compound aux États-Unis, concluait que l'ingénieur qui ferait une machine munie d'une disposition simple, efficace et durable pour lui permettre de fonctionner, au gré du mécanicien, soit comme machine compound, soit comme machine ordinaire, pourrait être assuré d'un grand succès. Ce n'est pas, ajoutait-il, priser trop haut le génie inventif des constructeurs américains que de les croire capables de résoudre ce problème. En effet, un an ou deux après, l'Institut de Franklin décernait, avec force éloges, un prix à un ingénieur de Providence qui avait réalisé un appareil de démarrage, rentrant dans la première des classes qui ont été indiquées plus haut. Inutile d'ajouter qu'il ne fut fait, dans le rapport, aucune mention de l'existence en Europe depuis 12 ou 15 ans d'appareils à peu près identiques. Ce système de démarrage tend à remplacer tous les autres en Amérique. On pourrait encore citer bien d'autres faits du même genre.

Quelques mots suffiront pour les machines compound à deux groupes de cylindres. Ces machines démarrent généralement avec les cylindres à haute pression seuls; il n'est donc guère nécessaire de leur mettre qu'un robinet auxiliaire destiné à envoyer au besoin de la vapeur vive au *receiver* et de munir ce *receiver* d'une soupape de sûreté y limitant la pression à la moitié au plus de celle de la chaudière. M. Mallet avait toutefois, dès le début, indiqué l'utilité qu'il y aurait à donner, dans certains cas, à ces machines des appareils de démarrage semblables à ceux des machines à deux cylindres et il en a établi sur ses premières machines à quatre cylindres. L'avantage de cette disposition a été mise en évidence d'une manière remarquable dans les circonstances suivantes :

Le 26 mai 1888, un certain nombre de membres de la Société se rendirent à Laon sur l'invitation de notre collègue, M. P. Decauville, pour visiter le tramway à voie de 0,60 *m* et à fortes rampes établi par lui pendant la durée du concours régional. Le service de cette petite ligne était fait par la locomotive compound à quatre cylindres, la *Ville-de-Laon*, qui, on peut l'avouer aujourd'hui, n'eut ce jour-là de compound que le nom. En effet, la voie, posée hâtivement (Voir le compte rendu de M. Cotard dans la séance du 1er juin 1888), était extrêmement dure et la chaudière avait des fuites qui ne permettaient pas de tenir la pression un peu élevée; on ne pouvait réaliser à la marche compound l'effort de traction nécessaire, il fallut donc faire fonctionner la machine comme machine ordinaire; personne ne s'en douta, on brûla seulement un peu plus de charbon. Si la locomotive n'avait pas été pourvue d'un appareil permettant la marche mixte, on n'eût pu assurer le service et l'excursion eût été totalement manquée. La même disposition est employée notamment sur la grosse machine du Gothard et le fait que M. du Bousquet a appliqué aux nouvelles machines à grande vitesse du chemin de fer du Nord un arrangement remplissant le même but, est une nouvelle preuve de la justesse du principe.

La réaction va même si avant dans le sens de l'emploi du fonctionnement mixte, qu'un chemin de fer important du centre de l'Europe va essayer d'appliquer systématiquement ce mode de fonctionnement au service de certains trains sur un profil très accidenté. C'est peut-être aller bien loin; en tout cas, l'expérience sera intéressante à suivre.

Ce qui vient d'être dit à ce sujet n'empêche pas que l'importance du rôle des appareils de démarrage soit loin d'être ici la même que dans le cas des locomotives à deux cylindres. Leur emploi est une question à examiner dans chaque cas particulier.

En résumé, l'expérience semble prouver que les dispositions établies en France sur les premières locomotives compound ne se sont montrées inférieures à rien de ce qui a été fait plus tard à l'étranger pour les perfectionner soi-disant, puisqu'on est en train d'y revenir après des tentatives plus ou moins heureuses dont une pratique prolongée n'a pas confirmé la supériorité, loin de là.

C'est une question de justice tout autant que d'opportunité de rappeler que la Russie a été le premier pays à suivre la France dans l'introduction de la machine compound. En effet, peu de temps après la mise en

service des locomotives du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, leur auteur recevait la visite de notre collègue, M. de Borodine, qui lui commandait la série complète des dessins de la transformation en compound d'une machine des chemins de fer Sud-Ouest Russes. C'est cette machine sur laquelle ont été faites les recherches bien connues de M. de Borodine, recherches couronnées par le prix Nozo de notre Société, qui a été le point de départ de l'application si étendue prise par la construction de ce genre de locomotives en Russie où on n'en fait plus guère d'autres aujourd'hui.

M. le Président remercie M. Mallet de sa communication, qui complète très bien celle de M. Lavezzari.

M. le Président rappelle que, dans l'assemblée générale du 2 décembre 1892, la Société a voté des modifications à trois articles de ses statuts.

Ces modifications ont été approuvées par l'Administration supérieure par décret du 12 août 1893.

M. le Président annonce que, par suite, la Société prend acte de ces modifications, qui sont devenues exécutoires et dont lecture est donnée à nouveau :

Article premier.

Il est formé une Société ayant pour titre : « Société des Ingénieurs Civils *de France* ».

Art. 8.

L'administration de la Société et l'organisation de ses travaux sont confiées à un Comité composé de *trente-quatre* membres élus, des anciens Présidents et des Présidents honoraires. Dix des membres élus forment le Bureau.

Pour faire partie du Bureau, il faut être membre sociétaire.

Art. 20.

(Rédaction nouvelle) :

1° La présidence ne peut être confiée au même sociétaire pendant deux années consécutives.

2° Les Vice-Présidents, les Secrétaires et les membres du Comité ne sont rééligibles en la même qualité que pendant quatre années consécutives.

3° Le Trésorier est toujours rééligible.

L'Assemblée générale a adopté en outre, à titre de *disposition réglementaire*, la mesure transitoire ci-après :

« Pour la première fois, c'est-à-dire après les élections de décembre 1893, le tirage au sort désignera l'ordre dans lequel les Vice-Présidents, Secrétaires et membres du Comité élus deviendront inéligibles pendant un an, ces derniers au nombre de 6 chaque année. »

M. le Président informe la Société que M. Astruc de Rimaucourt nous a remis, le 12 octobre dernier, un pli cacheté qui a été déposé dans nos archives.

L'ordre du jour appelle le compte rendu du *Voyage aux États-Unis* par M. L. Rey.

(Ce compte rendu sera inséré *in extenso* dans le Bulletin d'octobre.)

M. L. Rey rappelle qu'un douloureux devoir de famille ayant empêché notre président, M. Jousselin, de conduire, — comme il en avait l'intention, — la délégation de la Société, c'est à lui qu'est revenu l'honneur de le remplacer dans cette circonstance.

Il passe successivement en revue toutes les étapes de ce beau voyage, depuis le départ du Havre, le 26 août, à bord de la *Champagne*, jusqu'au retour dans ce port, le 8 octobre, par le paquebot la *Bourgogne*. Il rend compte de l'accueil très chaleureux que nos collègues ont rencontré par tout, des honneurs somptueux qui leur ont été rendus et de toutes les attentions délicates dont ils ont été constamment l'objet. Il fait défiler devant nous, — au moyen de projections électriques, — tous les merveilleux tableaux que nos heureux collègues ont eu la bonne fortune de pouvoir contempler :

New-York et ses environs, les chutes du Niagara, Détroit, Chicago et la *World's fair*, Saint-Louis, Pittsburg et la région pétrolifère, Washington, Philadelphie et ses environs, etc., etc. Cet énorme parcours a pu être accompli presque sans fatigue, grâce à l'amabilité des Compagnies de chemins de fer, qui avaient mis à la disposition de nos collègues des trains spéciaux formés avec les magnifiques et confortables voitures de la Compagnie Wagner, pour le trajet de New-York à Chicago, et avec celles non moins luxueuses et commodes de la Compagnie Pullman pour le voyage de retour entre Chicago et New-York.

M. Rey donne des détails sur toutes les visites industrielles que nos collègues ont accomplies, ainsi que sur les diverses parties de l'Exposition de Chicago.

Dans le cours de son intéressant compte rendu, M. Rey se plait à rendre hommage aux Ingénieurs américains, à toutes les notabilités françaises et américaines, consuls de France, maires des grandes villes, etc., qui ont fait l'accueil le plus empressé à la délégation de notre Société. Il consacre une mention toute spéciale à la visite faite à M. Patenôtre, ambassadeur de France et à l'audience accordée à nos collègues, à Washington, par M. le président Cleveland.

En terminant, M. Rey demande à la Société de vouloir bien s'associer aux sentiments de reconnaissance qu'il a exprimés, en son nom, toutes les fois qu'il en a trouvé l'occasion, et de reconnaître ainsi, dans une faible mesure, les égards dont nos collègues ont été comblés et qui s'adressaient à notre Société tout entière. *(Applaudissements.)* M. Rey a, d'ailleurs, fait ressortir cette impression dans le discours qu'il a prononcé au banquet d'adieu offert à notre délégation par les Ingénieurs de Philadelphie au Manufacturer's Club.

Il demande aussi à la Société de voter des remerciements à MM. de Chasseloup-Laubat, Pillet, Halbertsma et de Dax, qui l'ont particulièrement secondé dans sa mission. *(Applaudissements.)*

M. le Président déclare qu'il n'a rien à ajouter aux applaudissements qui viennent d'accueillir le compte rendu de M. Rey. Il dit que c'est

certainement à lui qu'on doit la plus grande part du succès de cette excursion, tant au point de vue technique qu'à celui de nos relations futures avec les Ingénieurs des Etats-Unis.

M. le Président propose à la Société de voter séance tenante des remerciements à tous les Ingénieurs, Sociétés, Compagnies et Associations d'Ingénieurs d'Amérique qui ont accueilli nos collègues d'une facon si cordiale et si amicale, ainsi qu'à M. L. de Chasseloup-Laubat pour la part qu'il a prise dans l'organisation de cette excursion si bien réussie.

Ces remerciements sont votés par acclamations.

M. Rey montre encore à la Société une curieuse photographie représentant, à un intervalle de dix années, une section de l'*Elevated Railway* de New-York. En 1879, le quartier traversé était absolument désert; en 1889, une vue prise au même endroit montre la ligne se développant au milieu d'une avenue entièrement construite et habitée.

M. S. Périssé remarque que le très intéressant compte rendu de M. Rey ne mentionne pas, à propos des chemins de fer, un état de choses tout à fait spécial aux États-Unis, qui l'a beaucoup frappé quand il a visité ce grand pays au commencement de cette année.

Dans beaucoup de villes américaines, à Buffalo, par exemple, les chemins de fer suivent les rues à niveau, quelquefois les rues principales d'une grande ville, sans qu'il y ait ni barrières, ni même parfois de stations dignes de ce nom, et les voyageurs montent et descendent en certains points sans qu'il existe de quais. On comprend que le chemin de fer a été établi dans des rues tracées, mais non encore construites; c'est le chemin de fer qui a précédé la ville, tandis qu'en France et en Europe c'est le contraire. Tout cela a dû certainement attirer l'attention de nos collègues composant la délégation aux États-Unis.

M. Rey répond qu'il a vu cela plusieurs fois, en effet, notamment à Syracuse et à Homestead. Il y a des endroits où il n'existe qu'un trottoir de 1 *m* à 1,50 *m* de largeur de chaque côté de la voie longeant les maisons. Cela ne parait pas offrir d'inconvénient ; le public est là comme chez lui. A Saint-Louis, pour effectuer des manœuvres, on est obligé de faire précéder la machine de deux policemen qui font garer la foule.

Vu l'heure avancée, la discussion de la communication de MM. Ch. Robert et Goffinon est remise à la prochaine séance.

La séance est levée à 11 heures.

SUPPRESSION

DES

APPAREILS DE DÉMARRAGE

DANS

UNE LOCOMOTIVE COMPOUND DE L'ÉTAT AUTRICHIEN

PAR

M. A. LAVEZZARI

Plusieurs de nos plus éminents collègues ont déjà traité, à la Société des Ingénieurs civils, la question des locomotives compound. Chacun d'eux nous a exposé avec une grande compétence leurs avantages et aussi leurs inconvénients; le procès n'en est donc plus à faire.

Le système compound est entré dès à présent dans la pratique, presque toutes les grandes Compagnies en font l'expérience, le temps seul pourra maintenant confirmer si la confiance que les premiers essais ont fait naître est justifiée.

Aussi n'entreprendrai-je pas de faire une étude de principe ; il me suffit de rappeler les intéressantes communications faites à ce point de vue par MM. Mallet, Polonceau, Pulin, Lencauchez, etc.

Je me contenterai, prenant les choses au point où elles en sont aujourd'hui, de vous entretenir d'un détail de construction qui m'a paru intéressant et sur lequel je désire vous faire connaître les efforts faits à l'étranger dans la voie tracée par notre savant collègue M. Mallet. Je veux parler des appareils de démarrage ; c'est un point très délicat et qui entre, je crois, pour beaucoup dans la réserve sur laquelle certaines Compagnies se tiennent encore à l'égard du système compound.

Les machines de ce genre qui ont été construites jusqu'à ce jour et qui ont été décrites, soit ici, soit dans des publications

spéciales, possèdent un mécanisme de mise en marche qui nécessite de la part du personnel une surveillance plus étendue et plus active, quels que soient d'ailleurs les soins apportés à l'étude et à la construction des organes qui le constituent.

Le mécanisme de mise en marche se compose presque toujours d'appareils d'admission et d'interception de vapeur interposés entre les cylindres de haute et de basse pression; leur utilité découle des considérations suivantes.

Mise en marche d'une locomotive ordinaire.

Dans les machines ordinaires, la position des manivelles la plus défavorable au démarrage est celle pour laquelle le tiroir ferme l'introduction de la vapeur dans l'un des deux cylindres; or, comme les commandes habituelles de distribution ne permettent, à peu d'exceptions près, qu'une admission maximum de 75 0/0, les manivelles sont à ce moment inclinées à peu près à 45°. C'est la situation représentée à la figure 1.

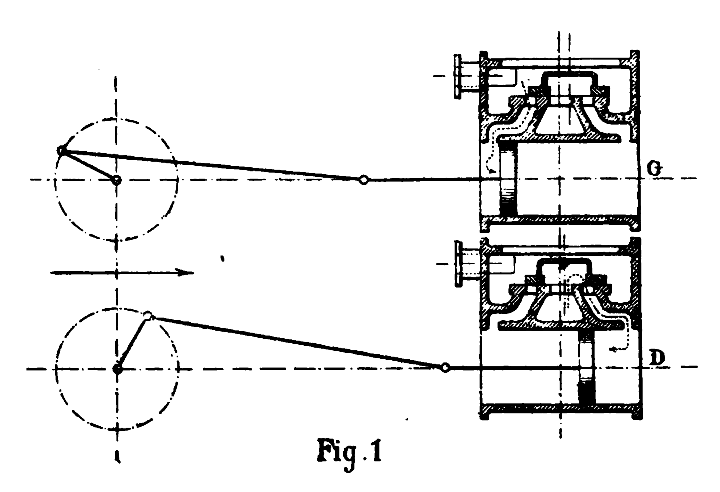


Fig.1

Le tiroir de droite D vient de fermer l'introduction de la vapeur; le piston est aux 3/4 de sa course environ. A gauche, au contraire, la vapeur exerce son effet, mais on voit sur la figure combien la manivelle correspondante est inclinée; malgré les conditions défavorables de cette position qui, la pratique le démontre, se présente le plus souvent, le démarrage des machines ordinaires se fait parfaitement avec un seul piston.

Si on désigne par *s* la surface du piston, P la pression de la va-

peur, la pression totale exercée sur le piston est P*s*, et l'effort tangentiel T est donné par une équation de la forme

$$T = KPs$$

dans laquelle le coefficient K renferme tous les facteurs susceptibles de modifier T suivant la position des manivelles.

Mise en marche d'une locomotive compound.

Si on veut que la mise en marche d'une locomotive compound s'effectue sans plus de difficulté que celle d'une machine ordinaire, il faudra que la force tangentielle ait pour valeur minima $T = KPs$ dans une position semblable à celle que nous venons d'envisager, et qui est représentée figure 2.

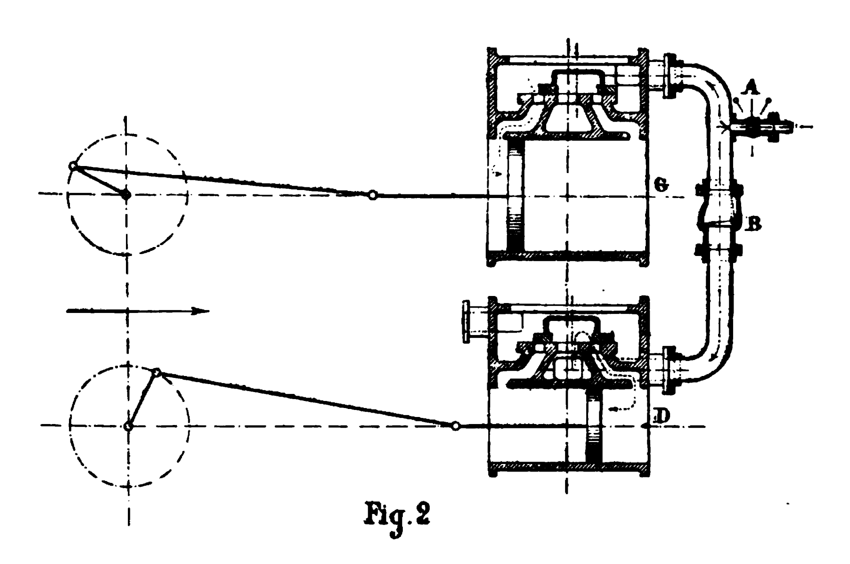


Fig. 2

Le tiroir du cylindre de haute pression D vient de se fermer, le piston ayant parcouru les 3/4 de sa course ; celui du cylindre de basse pression est au contraire ouvert. Pour que le démarrage s'effectue, il faut admettre dans le réservoir intermédiaire de la vapeur venant de la chaudière au moyen d'un robinet quelconque A, mais comme la surface S du grand piston est égale à environ 2,2*s*, la vapeur admise n'a besoin que d'une pression égale à $\frac{P}{2,2}$ pour produire le démarrage sous le même effort que dans la machine ordinaire.

Si on se bornait à introduire ainsi de la vapeur dans le réservoir intermédiaire, on ne pourrait obtenir le démarrage dans toutes les positions, car cette vapeur se répandant à droite et à gauche viendrait agir à contre-pression dans le petit cylindre, produisant un effort opposé au sens de la marche et exprimé par la relation :

$$T_1 = K_1 \frac{P}{2,2} s.$$

Dans cette équation, K_1 est différent de K et lui est supérieur en raison des positions respectives des manivelles ; l'effort réel de démarrage serait donc donné par la différence

$$T' = T - T_1 = (KS - K_1 s) \frac{P}{2,2}$$

dont la valeur numérique est inférieure de 50 0/0 environ à celle qui correspond au démarrage d'une machine ordinaire, et peut même devenir nulle dans les machines où l'admission maxima ne dépasse pas 68 à 70 0/0.

Pour empêcher la contre-pression de se produire, on dispose dans le réservoir intermédiaire une deuxième série d'appareils de fermeture B (clapet, soupape ou tiroir, etc.), interceptant toute communication avec le petit cylindre pendant la période d'admission directe au cylindre de basse pression ; ces appareils sont automatiques ou non, mais dans tous les cas ils doivent revenir au repos dès que la vapeur s'échappe pour la première fois du cylindre de haute pression.

En résumé, on voit par ce qui précède que le démarrage d'une locomotive compound exige généralement deux séries de robinets, la première pour permettre l'accès de la vapeur au réservoir intermédiaire, la seconde pour empêcher cette vapeur de faire retour au petit cylindre.

Les appareils les plus employés ont été décrits avec grand soin par MM. Polonceau et Mallet dans les communications qu'ils firent à la Société en 1889 et en 1890 ; je les rappellerai brièvement.

D'abord le système de M. Mallet, qu'il a modifié en 1884. L'admission de la vapeur directe au grand cylindre est commandée par un régulateur spécial et l'interception entre les deux cylindres est faite automatiquement par un clapet sous l'influence de la pression. Une disposition ingénieuse empêche le ballottement du

clapet dans chacune de ses positions. M. Mallet signale que la commande du mécanisme de mise en marche avec admission directe au grand cylindre pourrait être faite automatiquement de manière à toujours se produire au départ.

Dans le système de démarrage Borries on se contentait à l'origine d'ajouter à la vapeur qui passait du petit cylindre au grand une certaine quantité de vapeur directe distribuée au moyen d'un orifice spécial percé dans le tiroir du régulateur; mais lorsqu'on voulut appliquer ce système à de fortes machines on fut obligé d'ajouter la valve interceptrice entre les deux cylindres.

M. Worsdell remplace dans ses machines les soupapes d'interception par des clapets à charnière.

Je citerai encore les appareils Lapage, Urquhart, Henschel basés sur le même principe et décrits par MM. Polonceau et Mallet.

M. Lindner, ingénieur des chemins de fer saxons, a cherché à supprimer les deux jeux de soupape. A cet effet il envoie la vapeur directe dans le réservoir intermédiaire au moyen d'un robinet manœuvré automatiquement par la barre de changement de marche et disposé de manière à ne livrer passage à la vapeur que quand l'admission dans un sens ou dans l'autre atteint 72 0/0.

Mais le point le plus particulier de ce système réside dans la façon dont il détruit l'effet de la contre-pression. Un orifice de 1 cm^2 de section environ est percé dans le tiroir du cylindre de haute pression de sorte que la vapeur arrivant du réservoir intermédiaire et agissant dans le sens opposé au mouvement pénètre dans le cylindre et exerce également sa pression sur l'autre face du piston ; il y a donc équilibre dans ce cylindre.

L'inconvénient de cette disposition est qu'il faut un certain temps pour réaliser l'équilibre et souvent le mécanicien pressé de démarrer préfère recourir à un changement de marche pour modifier la position des bielles.

Je ne veux pas terminer la nomenclature des divers systèmes de distribution sans dire quelques mots des belles machines à grande vitesse de la Compagnie du Nord et de celles de la Compagnie P,-L.-M.

Dans les nouvelles machines du Nord, M. du Bousquet, ingénieur en chef du matériel et de la traction, qui en a dressé les plans, a apporté un soin tout particulier dans l'étude du système de démarrage. Il faut dire que le but qu'il s'est proposé n'était pas seulement d'assurer un démarrage très rapide, mais aussi de permettre de rendre les deux groupes de cylindres de haute et de

basse pression indépendants à volonté. On peut ainsi faire marcher les locomotives en compound ou en machines ordinaires; bien plus, si une avarie survient en cours de route à un des groupes de cylindres, on peut achever le trajet en ne se servant que de l'autre. Ce cas s'est déjà présenté plusieurs fois et la machine a pu continuer sa route sans retard sensible.

J'ai eu la bonne fortune, grâce à l'obligeance de M. du Bousquet, de faire plusieurs voyages sur ces machines, et j'ai pu constater que, dans la majorité des cas, le démarrage s'effectue parfaitement sans que le mécanicien soit obligé de recourir à l'emploi de la vapeur directe dans les cylindres de basse pression.

L'admission de la vapeur dans le réservoir intermédiaire se fait au moyen d'un robinet commandé par un volant placé au-dessus du grand volant qui règle la distribution. La fermeture de la communication entre les cylindres de haute et de basse pression ainsi que l'échappement direct de la vapeur du petit cylindre sont obtenus au moyen d'un robinet à trois voies manœuvré sans effort par un petit piston faisant fonction de servo-moteur et dont la commande est également placée à proximité du volant de changement de marche. Enfin la seule manœuvre de deux cliquets fixés à ce volant permet de rendre solidaires ou indépendantes les commandes de distribution des deux groupes de cylindres.

On voit donc que, dans l'étude de cette machine, on s'est placé à un point de vue un peu spécial, l'indépendance complète des deux groupes de cylindres, sans trop s'attacher à diminuer le nombre des organes confiés au mécanicien.

Les machines du P.-L.-M. ont dans leur ensemble quelque analogie avec les précédentes. Mais les commandes de changement de marche n'ont pas la même indépendance, l'arrivée de vapeur au réservoir intermédiaire est obtenue par un robinet spécial que manœuvre le mécanicien. Une soupape de sûreté à ressort empêche la pression d'y monter au delà de 6 *kg*, la section du robinet et celle du tuyau sont d'ailleurs en rapport avec celle de la soupape de manière que celle-ci suffise dans tous les cas à maintenir la pression au-dessous de la limite fixée.

J'aurais voulu donner une description plus détaillée de ces locomotives si je n'avais craint de sortir du cadre modeste que je me suis imposé; d'ailleurs n'ayant pas eu la chance de voyager sur ces machines, je ne pourrais que répéter ce que nos collègues trouveront dans l'article publié par M. Baudry, Ingénieur en chef du

matériel et de la traction du P.-L.-M. dans le numéro d'avril 1893 de la *Revue Générale des Chemins de fer*. Ils y trouveront en particulier une étude très intéressante sur les tubes Serve qui complète la communication que nous a faite M. Keromnès au mois de juillet dernier.

Je tiens encore à ajouter que, dans ces machines, la tôle d'acier a remplacé le cuivre dans la construction des foyers. C'est la seule application que je connaisse en France de ce mode de construction assez employé en Amérique et sur lequel il est, je crois, encore difficile de se prononcer.

Si le problème de l'indépendance des deux groupes de cylindres qui a été résolu dans les machines du Nord est intéressant, surtout pour les machines à très grande vitesse circulant sur des voies très encombrées, il n'est peut-être pas toujours de toute nécessité de l'aborder, ce qui permet de réaliser des économies et surtout des simplifications importantes dans la construction.

Aussi en se plaçant au simple point de vue du démarrage, faut-il reconnaître que c'est justement parce que les appareils destinés à le faciliter servent rarement qu'il est intéressant de les simplifier ; il est, en effet, un peu paradoxal de combiner des dispositifs dont la meilleure qualité soit de ne jamais servir. C'est cette considération qui m'a fait trouver intéressante au moins la disposition employée sur une machine de l'État autrichien dans le but de les supprimer entièrement.

M. Mallet, à la fin de sa remarquable étude sur les appareils de démarrage, se montrait peu favorable à l'emploi des appareils automatiques, et il faisait remarquer avec beaucoup de raison que pour assurer leur fonctionnement régulier on était obligé d'y adjoindre des mécanismes de sûreté qui les rendaient bien plus compliqués que les appareils non automatiques.

Le dispositif que je vais décrire, breveté par M. Goelsdorf, paraît échapper à cette critique, car il exclut toute espèce de robinet ou valve et, par conséquent, ne peut entraîner à l'emploi d'aucun appareil auxiliaire de sécurité.

Il a, par contre, l'avantage de supprimer dans le réservoir intermédiaire les organes de fermeture dont la surveillance est assez difficile et qui peuvent donner lieu à des fuites dont on ne s'aperçoit que quand elles deviennent très importantes et qu'elles ont déjà causé pendant un certain temps des pertes sensibles de vapeur.

J'ai essayé plus haut de montrer successivement comment le

démarrage conduisait à l'emploi de deux séries de valves, je vais maintenant employer la même marche pour montrer comment on peut s'en passer.

Suppression des valves d'interception.

Il devient inutile d'adopter un mécanisme spécial d'interception dès que la commande de distribution est modifiée de telle façon que la vapeur puisse être admise dans les cylindres pendant la presque totalité de la course du piston ; c'est ce qui se voit sur la figure 3 qui représente une distribution permettant une admission de 94 0/0.

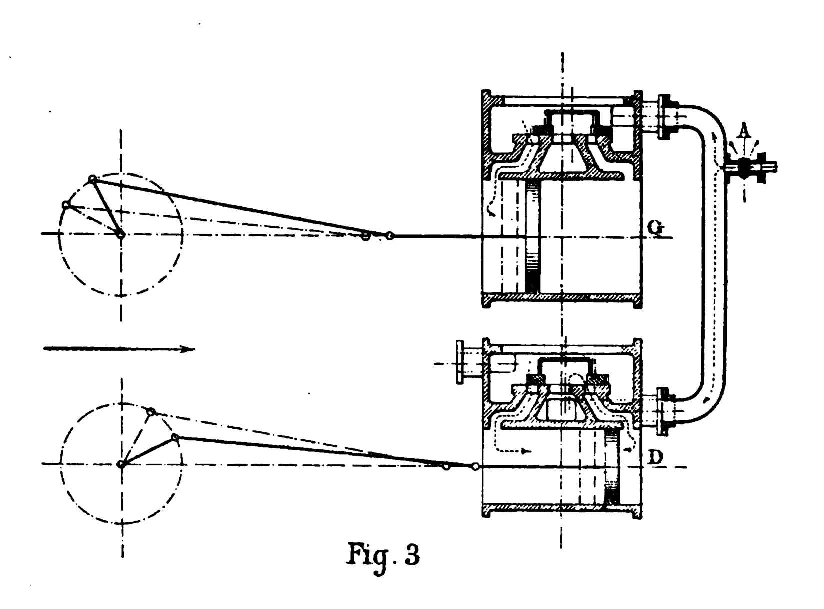


Fig. 3

Si on considère le démarrage dans les conditions ordinaires étudiées plus haut, c'est-à-dire les manivelles occupant des positions voisines de 45° (position figurée en pointillé) les deux tiroirs sont ouverts à l'introduction de vapeur et la force tangentielle qui produit le démarrage est donnée par l'expression suivante :

$$T'' = KS\frac{P}{2,2} - K_1 s\frac{P}{2,2} + K_1 sP,$$

valeur qui est supérieure d'environ 60 0/0 en chiffres ronds à la valeur tangentielle minima développée dans une machine ordi-

naire ou dans une machine compound munie d'un appareil de mise en marche fonctionnant régulièrement.

Si le démarrage doit se faire dans une position pour laquelle l'introduction de la vapeur dans le cylindre de haute pression est fermée (position figurée en trait plein) on sera dans la position la plus défavorable et la force tangentielle aura pour valeur :

$$T'''_{min} = K_2 S \frac{P}{2,2} - K_3 s \frac{P}{2,2}.$$

Mais en raison de la situation des manivelles dans ce cas, K_2 est sensiblement égal à 2 K et K_3 à $\frac{K}{2}$.

On peut donc écrire avec une approximation suffisante :

$$T'''_{min} = 2KS \frac{P}{2,2} - \frac{1}{2} Ks \frac{P}{2,2}$$

qui est encore supérieur à l'effort de démarrage des machines ordinaires.

Ce cas étant le plus défavorable, on voit que, comme je le disais plus haut, avec un mécanisme permettant une admission de 94 0/0, l'effet de la contre-pression est négligeable et que, par conséquent, la valve d'interception est inutile.

Mais il ne faut pas perdre de vue qu'une distribution permettant une aussi grande admission doit être établie de manière que, dans la position moyenne, on puisse atteindre, pour de faibles efforts, une admission ne dépassant pas 14 à 15 0/0.

La commande du système Heusinger qui se trouve représentée Planche 95 répond à ce programme ; elle tient cette propriété du rapport favorable qui existe entre la longueur utile de la coulisse et la longueur du bras oscillant.

Ce mécanisme a, en outre, l'avantage de comporter de grandes lumières et une grande rapidité d'ouverture et de fermeture des conduits de vapeur.

Suppression de la soupape d'admission au réservoir intermédiaire.

Nous avons vu que, pour introduire la vapeur vive dans le grand cylindre, on s'est servi jusqu'ici de robinets ou soupapes reliés ou non à la commande de distribution. Mais si on remarque que ces robinets n'ont besoin d'être ouverts que lorsque l'on doit

développer les plus grands efforts et que, par conséquent, la commande de distribution est disposée pour l'admission maxima, on comprendra que l'on peut très bien suppléer à ces robinets par des orifices percés dans la glace même du tiroir du grand cylindre et disposés de telle façon qu'ils ne soient découverts que quand l'admission est supérieure à celle de la marche courante ; c'est ce qui est représenté aux figures 4, 5 et 6.

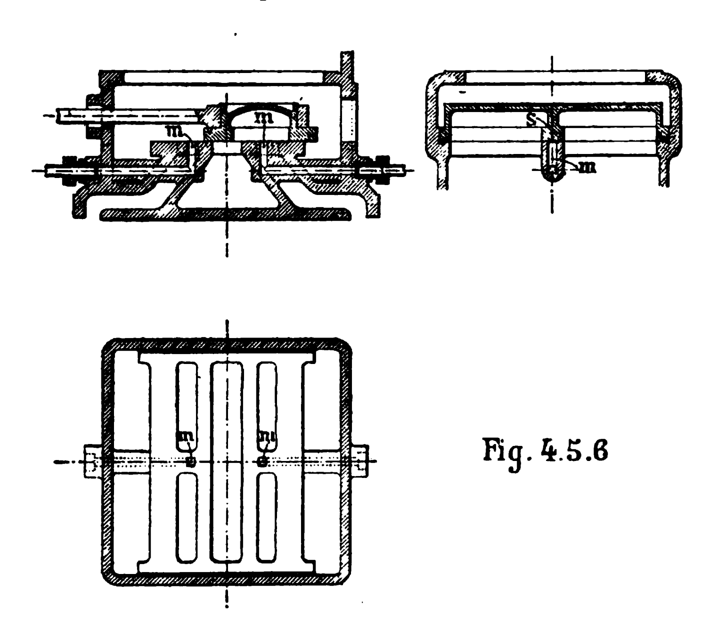


Fig. 4.5.6

Les orifices pour le passage de la vapeur vive sont désignés par la lettre *m*, ils sont généralement recouverts par la nervure *s* de la coquille du tiroir ; ils sont reliés par les tubes $E_1E_2E_3$ (*fig.* 7) au conduit de prise de vapeur.

Lorsqu'au moment de la mise en marche on ouvre le régulateur, la vapeur se répand au tiroir de haute pression et dans les conduits E_1E_2 pour s'échapper par celui des orifices *m* qui correspond au sens du mouvement.

La dimension de ces orifices doit être calculée de telle façon que la pression de la vapeur qui s'en échappe atteigne en une seconde environ une pression à peu près moitié de celle de la chaudière, ce qui correspond sensiblement à une section de 4 c^2.

Pour que la marche normale de la machine reste économique même dans le cas des plus grands efforts que l'on rencontre couramment en cours de route, les orifices *mm* ne doivent être dé-

couverts que quand l'admission dépasse 50 0/0; on ne peut donc pas reprocher à ce système d'obliger le mécanicien à se servir trop fréquemment de la vapeur directe.

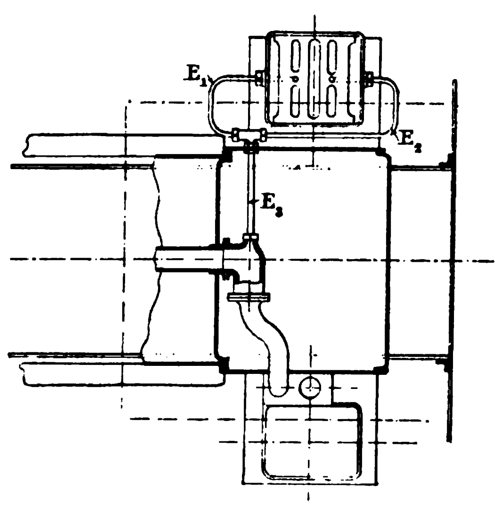


Fig. 7

Mais si la pression vient à baisser pour une raison quelconque (négligence du chauffeur, emploi de mauvais combustible ou par suite de mauvais temps) et si on se trouve obligé d'augmenter exagérément l'admission, les orifices se découvrent et une certaine quantité de vapeur vive vient relever la pression dans le grand cylindre, ce qui est une condition favorable.

Le diagramme de Zeuner d'une commande de distribution Heusinger construite sur ces principes *(Pl. 95, fig. 5)*, montre que les orifices se démasquent de 1,5 à 3 0/0 et ne se referment qu'à 85 0/0 de la course du piston, c'est-à-dire qu'ils sont ouverts pendant la presque totalité de la course et dans cet intervalle le démarrage par le grand cylindre est assuré. Cependant il se peut qu'à l'arrêt le piston de basse pression se trouve en dehors de ces limites, le démarrage sera fait par le petit piston seul, mais il sera encore certain, car dans ce cas la position de la manivelle de haute pression étant presque verticale, l'effort tangentiel sera maximum et il n'y aura aucune contre-pression, puisque les orifices *m-m* seront fermés.

Il résulte des explications précédentes :

1° Que l'adoption d'une commande de distribution donnant

plus de 90 0/0 d'admission rend inutile l'emploi des valves d'interception ;

2° Que l'introduction, interrompue en temps utile, de la vapeur vive dans le cylindre de basse pression peut s'effectuer sans l'intervention d'une soupape spéciale de mise en marche au moyen d'orifices percés dans la glace du tiroir.

L'ensemble de ces dispositions s'applique, du reste, indistinctement aux machines à deux ou à quatre cylindres.

Locomotives compound construites sans appareils de mise en marche.

La première locomotive compound sur laquelle ce principe a été appliqué est une machine à marchandises à deux cylindres des chemins de fer de l'État Autrichien *(K. K. Œster. Stadtsbahnen)*, construite dans les ateliers Wauer-Neustadt. *(Pl. 95, fig. 1, 2, 3)*.

Cette machine est en service depuis la fin de janvier 1893, et elle a répondu à toutes les prévisions, au point de vue de la rapidité et de la précision du démarrage.

Je n'ai malheureusement pas encore reçu les chiffres officiels de la consommation de charbon, et je craindrais de commettre une indiscrétion en reproduisant des renseignements officieux, mais je puis dire que les résultats obtenus ont paru tellement en faveur du système compound que d'autres commandes ont été faites, et que sous peu de jours il y en aura déjà huit en service, et au commencement de 1894 il y en aura dix-neuf.

Cette machine compound, de la série 59, a la même chaudière que les machines ordinaires de la série 56, elle a cependant une puissance notablement supérieure.

Ainsi le poids maximum fixé pour la série 56 sur le parcours Purkersdorf-Reckawinkel, dont la longueur est de 13 *km*, avec rampe constante de 10 *mm* par mètre, est de 460 *t* de train ; avec la locomotive compound, on peut faire circuler sans difficulté sur le même parcours des trains de 570 *t*, tout en observant l'horaire.

Le tableau ci-dessous donne les dimensions principales des machines de ces deux séries.

	Série 56.	Série 59.
Diamètre des cylindres	0,450 *m*	H. P. 0,500 *m* B. P. 0,740
Course du piston.	0,632	0,632
Diamètre des roues motrices. .	1,290	1,290
Timbre	11 *hg*	12 *kg*
Tubes : nombre	186	186
— longueur.	4,165 *m*	4,165 *m*
— diamètre extérieur. . .	0,051 *m*	0,051 *m*
Surface de grille	1,80 m^2	1,80 m^2
Surface de chauffe du foyer. . .	8	8
— des tubes. .	124	124
— totale. . . .	132	132
Poids à vide.	36 500 *kg*	37 200 *kg*
— en ordre de marche . . .	41 500	42 000
Commande de distribution. . .	Système Allan.	Syst. Heusinger.

Les diagrammes relevés sur la machine compound représentés figure 8 démontrent que le fonctionnement de la commande de distribution répond parfaitement au but recherché.

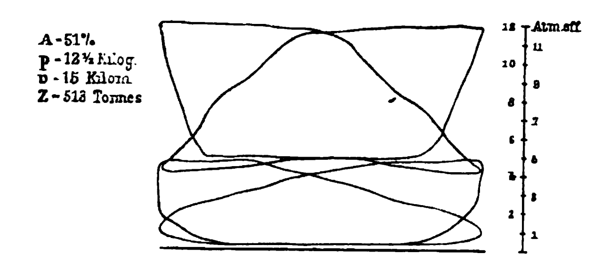


Fig. 8

Ils ont été relevés avec le même indicateur sur le parcours Purkersdorf-Reckawinkel avec une rampe de 10 *mm* et en remorquant un train de 513 *t*.

Le tuyau d'échappement était ouvert (148 cm^2) et la pression dans les chaudières variait de 12,5 à 13 *kg*.

Comme cette machine ne comporte aucun appareil spécial de mise en marche, la conduite en est exactement la même que celle d'une locomotive ordinaire; aussi, sauf une explication sommaire du principe compound, on n'a donné aux mécaniciens aucune

instruction spéciale : n'importe quel machiniste est donc en état de la conduire sans aucune difficulté.

Le graissage des tiroirs et des pistons se fait à l'huile minérale, au moyen d'un appareil de graissage central, comme pour toutes les machines de l'État autrichien. Jusqu'à présent les tiroirs ont été démontés trois fois; les surfaces ont toujours présenté un aspect irréprochable et l'examen des orifices de la face du tiroir du cylindre de basse pression ainsi que de la nervure de ce tiroir, a démontré que la fermeture est absolument étanche jusqu'à l'admission de 50 0/0.

Même pour de grands efforts, 596 *t* sur rampe de 10 *mm*, la machine n'a pas cessé de marcher avec une pression de 12,5 à 13 *kg*. Le combustible brûlé était du charbon noir d'Ostrau (vaporisation de 6,5 à 7 fois son poids d'eau). On a également obtenu des résultats parfaitement satisfaisants sur ce parcours avec des trains de 540 *t* en employant du charbon brun de Dux.

L'échappement à la cheminée est sensiblement plus doux que dans les locomotions prises comme type de comparaison. Il n'y a presque pas d'entraînement dans les tubes et les dépôts de cendres dans la boîte à fumée sont assez peu importants pour que le nettoyage ne soit nécessaire qu'après un parcours de 500 *km*.

COMPTE RENDU

DU

VOYAGE FAIT AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

PAR

UNE DÉLÉGATION DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

EN AOUT, SEPTEMBRE, OCTOBRE 1893

PAR

M. L. REY

PRÉSIDENT DE LA DÉLÉGATION

(Séance du 20 octobre 1893.)

MESSIEURS,

Je viens vous faire un compte rendu sommaire du voyage que quelques-uns d'entre nous ont effectué tout récemment en Amérique.

Vous vous rappelez que notre Société a reçu, dans le courant de l'année dernière, au nom des diverses Sociétés d'Ingénieurs américains, une invitation à aller visiter les États-Unis à l'occasion de l'Exposition de Chicago.

Une quarantaine de nos collègues (1) se sont fait inscrire pour répondre à l'aimable invitation de nos collègues d'outremer et notre Président, M. Jousselin, avait bien voulu se mettre à la tête de cette nombreuse délégation. Malheureusement, au

(1) Ce sont MM. A. Angély, Léopold Appert, E. Beaudet, P. Betim Paës Lème, J. Bidermann, L. Billaudot, H. Boulte, E. Bourgeois, A. Brancher, F. Brauer, F. Brault, S. Burgart, Alfred Cornaille, André Cornaille, A. de Dax, A. Détanger, A. Domange-Scellos, L. Dufès, A. Goblet, G. Grobot, H. Halbertsma, H. Jungck, J. Keller, E. Krieg, L. Lombart, G. Lordereau, H. Marchais, Ch. Marteau, A. Ostermann, J. Pillet, Ch. Pierron, C. Pinchart-Deny, Ch. Pinel, G. Portier, Louis Rey, H. Salmon, M. Suppliisson, G. Thareau, V. Toussaint, auxquels se sont joints, en cours de route, MM. L. de Chasseloup-Laubat, G. de Chasseloup-Laubat, Cosmovici, Paciuréa, de Renéville, Paul Schneider, Th. Turettini. Pendant tout notre voyage nous fûmes accompagnés par M. Wildhagen, inspecteur principal de la Compagnie des Wagons-lits d'Europe.

dernier moment, de douloureux devoirs de famille l'empêchèrent de mettre son projet à exécution, et c'est à celui qui vous parle, en ce moment, qu'échut, hiérarchiquement, le périlleux honneur de le remplacer. Cette substitution était d'autant plus regrettable, qu'à un éminent président, orateur distingué, succédait un membre de notre Société fort peu habile dans l'art de manier la parole.

Pris au dépourvu et sans avoir le temps de me préparer au rôle important que les circonstances m'imposaient, j'ai fait de mon mieux pour être à la hauteur de ma tâche, et, m'inspirant des instructions nombreuses et des notes précieuses que notre Président avait bien voulu me donner, au moment du départ, j'ai accompli mon devoir avec tout le dévouement et le zèle que ma profonde affection pour la Société a pu m'inspirer. Je serai satisfait si les collègues avec qui j'ai eu l'honneur et le plaisir de faire ce beau et instructif voyage ont trouvé que je n'ai pas été trop au-dessous de ma tâche et que j'ai tenu honorablement le drapeau de la Société des Ingénieurs civils de France au delà de l'Atlantique.

Pour faciliter la compréhension de ce compte rendu sommaire, je ferai passer sous vos yeux de nombreuses projections représentant les vues du pays, les monuments publics, les grands travaux d'art, les bateaux, etc , etc., qui nous ont le plus frappés pendant notre voyage.

Partis isolément de différents points de la France, nous nous retrouvons, au Havre, le vendredi 25 août, et nous préludons à notre voyage technique par la visite des établissements de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée.

Notre collègue, M. Heilmann, avait bien voulu aviser cette Compagnie de notre arrivée, et nous sommes reçus avec la plus grande cordialité par M. le Directeur et par M. l'Ingénieur en chef qui nous montrent leurs belles installations. Nous voyons ensuite la locomotive électrique de notre collègue M. Heilmann, laquelle avait été soumise, les jours précédents, à des essais qui, nous a-t-on dit, ont donné toute satisfaction.

Le soir, notre Président nous réunit à Frascati où nous attendent nos collègues du Havre, et le lendemain matin samedi, 26 août, embarqués à bord de *la Champagne*, nous quittons le Havre avec M. Jousselin, qui avait tenu à nous accompagner le plus loin possible.

Après avoir assuré notre sortie du port et la traversée de la

rade, le pilote quitte notre bâtiment en emmenant avec lui notre Président, dont nous nous séparons au milieu d'acclamations répétées.

Pendant huit jours nous naviguons sur l'un de ces magnifiques paquebots de la Compagnie transatlantique dont les luxueux aménagements et l'affabilité de son commandant nous rendent le voyage aussi agréable que possible. Le temps nous favorise et après une belle traversée nous arrivons devant New-York, dans la soirée du samedi 3 octobre, peu de temps après le coucher du soleil, ce qui nous empêche de débarquer le jour même, la douane américaine ne fonctionnant pas la nuit.

Nous couchons donc à bord encore une fois, mais ce léger incident est largement compensé par le merveilleux spectacle qu'il nous permet d'admirer le lendemain matin en faisant notre entrée de jour dans la rade et dans le port de New-York.

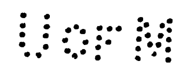
La statue de la Liberté de notre illustre compatriote Bartholdi; le gigantesque pont suspendu de Brooklyn, le nombre considérable de navires amarrés aux quais, ou en mouvement, dans cette immense baie formée par la réunion de l'Hudson et de l'East-River, tout cela encadré par un paysage merveilleux fait de l'entrée à New-York un spectacle unique au monde et d'une grandeur dont aucune description ne peut donner une idée exacte.

En passant devant la statue de la « Liberté éclairant le monde », nous félicitons l'auteur de ce beau travail qui se trouve en même temps que nous à bord de *la Champagne* et à qui nous avons fait la veille une ovation à laquelle il a répondu dans les termes les plus flatteurs pour notre Société.

Aussitôt arrivés au quai de la Compagnie générale transatlantique, une délégation des ingénieurs américains monte à bord et nous souhaite la bienvenue en termes très affectueux que M. Fteley prononce en français.

Après les remerciements que je lui adresse, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, nous débarquons, et nos confrères nous conduisent à l'hôtel où nous devons passer les quelques jours consacrés à la visite de New-York et de ses environs. M. de Chasseloup-Laubat, l'organisateur si dévoué de notre excursion, se joint à nous et ne nous quittera plus.

Le jour de notre arrivée étant un dimanche et le lendemain se trouvant être un jour de fête, le *Labor Day*, nous voyons la ville dans ses deux états extrêmes, de repos dominical et d'animation extraordinaire qui nous donnent immédiatement une idée de la



vie dans les grandes cités américaines si différentes des nôtres sous tant de rapports.

Le lundi, 4 septembre, nous commençons nos excursions par la visite de l'arrivée d'eau qui sert de tête de ligne pour la distribution des eaux potables dans la ville de New-York. M. Fteley, l'Ingénieur en chef de l'adduction des eaux, nous fait une conférence très intéressante sur les travaux en cours ou terminés de cette gigantesque entreprise qui comporte un tunnel de 21,88 milles (35,2 *km*), un siphon percé dans le roc et revêtu de maçonnerie de briques tellement soignée que sous la pression normale de 100 pieds (30,5 *m*) la perte d'eau est insignifiante.

Les eaux proviennent de l'aménagement des lacs et rivières d'une région de 700 km^2, située au nord de New-York.

Plusieurs barrages ont été construits, dont un, d'une grande longueur, à des hauteurs atteignant 65,100 et même en certains endroits 160 pieds (près de 50 *m*).

Ces travaux importants permettent d'emmagasiner 70 milliards de gallons (318 000 000 m^3), pour assurer une consommation journalière de 165 millions de gallons (750 000 m^3).

La distribution se fait, en ville, au moyen de huit conduites de 1,40 *m* de diamètre, en acier.

Dans la même région nous visitons le grand pont Washington qui a près de 800 *m* de longueur totale et qui comprend deux magnifiques arches de 510 pieds (157,60 *m*) d'ouverture, la hauteur de la clef au-dessus de l'eau étant de 50 *m* environ et la largeur de la cheminée de 25 *m*.

Rentrés en ville en passant par le magnifique parc de Riverside sur le bord de l'Hudson, nous allons visiter l'usine de production d'électricité de la Compagnie Édison, qui est l'une des plus importantes en son genre. Une force de 3 000 à 4 000 *chx* peut être développée avec cette particularité que l'installation faite dans une maison ordinaire entourée d'autres immeubles habités bourgeoisement, le charbon est emmagasiné au troisième étage, les chaudières au deuxième étage et les machines au premier.

Cette disposition permet une exploitation relativement facile dans un espace très restreint.

Le mardi 5 septembre, nous visitons l'usine fournissant la force motrice et donnant le mouvement au câble d'une ligne importante de tramway funiculaire, puis nous prenons un train spécial qui nous fait parcourir les lignes principales du réseau de l'« Ele-

vated railway ». Nous circulons la plupart du temps sur une troisième voie destinée aux trains express et située entre les deux voies destinées au service des trains ordinaires. La vitesse est presque constamment de 35 milles à l'heure *(56 km)*. Nous visitons les points principaux de ce magnifique réseau urbain qui résout admirablement le problème qu'on s'est posé de faciliter le transport des personnes, mais malheureusement au prix de graves inconvénients pour les propriétaires et les locataires des immeubles voisins. On nous montre spécialement un endroit où passent 1 400 trains par jour.

Nous arrivons à l'« Equitable Building », l'une des plus récentes et des plus intéressantes de ces immenses constructions à un nombre d'étages fantastique, grandes ruches dont chacune des alvéoles est occupée par des bureaux. Tous les étages sont desservis par plusieurs ascenseurs dont la marche rapide assure des communications commodes entre toutes les parties de l'établissement.

Le directeur de la Compagnie d'assurances l' « Equitable », qui est propriétaire de l'immeuble, nous souhaite la bienvenue dans la grande salle de réunion, puis après la visite en détail de l'édifice du sommet duquel on a une magnifique vue sur New-York et ses environs, nous trouvons servi un superbe déjeuner, à la suite duquel M. Clarcke, président du Comité de réception de New-York, prononce un discours très applaudi, moitié en anglais, moitié en français, et auquel je réponds.

Nous nous dirigeons ensuite du côté de l'East-River sous la conduite de M. Martin, Ingénieur en chef du pont de Brooklyn, pour visiter ce travail gigantesque qui est resté le type le plus hardi dans ce genre de construction. Par une attention délicate dont nous devons être reconnaissant à M. Martin qui nous dit, en anglais, qu'il n'avait jamais tant regretté que ce jour-là de ne pas parler notre langue, le drapeau français flotte au sommet de l'une des piles, tandis que les couleurs américaines lui font pendant sur l'autre pile.

Après avoir visité les machines qui donnent le mouvement aux câble des deux voies du chemin de fer funiculaire fonctionnant sur le pont, nous allons à la gare terminus du N.-Y. C. R. R qui est la seule amenant les voyageurs au centre de la presqu'île de Manhattan sur laquelle se trouve bâtie la véritable ville de New-York. Toutes les autres gares sont situées sur les rives opposées de l'Hudson et de l'East-River et ne communiquent avec la ville que par le moyen de ferry-boats.

Cette situation privilégiée a donné une grande importance à la ligne de chemin de fer qui y aboutit et a nécessité des installations grandioses dont nous admirons le bel agencement qui permet d'assurer un mouvement de 460 trains par jour dans un espace très restreint.

Le lendemain 6 septembre, nous nous embarquons sur un bateau qui nous fait remonter l'East-River sur une assez grande longueur et nous amène à l'usine de M. Lavergne dans laquelle sont construites de belles machines à faire la glace qui s'expédient dans tous les États de l'Union, à l'Étranger et en France même.

Nous descendons l'East-River jusque dans la baie de New-York en passant sous le pont de Brooklyn ; nous faisons le tour de l'île de Bedloë sur laquelle se trouve érigée la statue colossale de la « Liberté éclairant le monde » et nous remontons le cours de l'Hudson.

Nous nous arrêtons pour visiter le *Puritan*, le plus beau de ces grands bateaux de rivière qui ne se trouvent qu'aux États-Unis. Ayant les dimensions des grands transatlantiques, ces bateaux se font remarquer par le luxe inouï de leurs aménagements de jour et de nuit.

Le *Puritan*, qui peut contenir 2 000 passagers, est actionné par une machine de 7 500 *chx* dont le balancier, pesant plus de 50 *t*, est visible au-dessus de toute la construction et donne un aspect étrange à ce genre de bateau.

Un lunch magnifique nous est servi à bord pour terminer notre visite; puis, traversant l'Hudson, nous allons voir, sur la rive de Jersey-City, la grande gare de Pensylvanie R. R., où nous étudions avec intérêt une belle installation de manœuvre à distance des aiguilles et des signaux par l'air comprimé.

Nous étant de nouveau embarqués, nous remontons l'Hudson jusqu'aux Palissades, en admirant la succession des merveilleux points de vue qui se déroulent devant nous. C'est l'une des plus ravissantes excursions que l'on puisse faire; elle jouit, du reste, d'une réputation universelle qui est parfaitement justifiée.

Rentrés à New-York, nous allons, dans la soirée, assister à la séance de rentrée de la Société des « Civil Engineers ».

Le Président, après quelques paroles de bienvenue, fait asseoir à côté de lui le Président de votre délégation; et peu de temps après, il lève la séance officielle, qui se transforme en une causerie familière suivie d'un souper.

Le jeudi 7 septembre est un jour de repos officiel, pendant



lequel aucune excursion generale n'est faite. Mais nos collègues américains s'étant gracieusement mis à notre disposition, plusieurs d'entre nous font des visites d'établissements qui les intéressent plus spécialement.

Les grands journaux de la ville, le *New-York Herald* et le *World*, nous ayant invités à visiter leurs installations, nous nous rendons dans leurs immenses établissements où nous assistons aux différentes opérations, depuis la composition jusqu'au pliage des journaux.

Une machine a attiré spécialement notre attention : c'est celle au moyen de laquelle on fait la composition non pas en utilisant des caractères préparés d'avance, mais en fondant une ligne entière. La personne qui se sert de la machine n'a qu'à appuyer sur des touches, et la ligne composée sort immédiatement prête à être mise en pages. J'ai rapporté quelques spécimens de cette composition, excessivement rapide et toujours en caractères neufs.

Le bâtiment qui contient tous les services de l'administration du *World* est le plus élevé de New-York (375,5 pieds, 114 *m*); on monte dans la coupole qui surmonte le 26e étage au moyen d'un ascenseur, et on a de cet observatoire une vue superbe sur la ville et ses environs. Le pont de Brooklyn, notamment, fait un très bel effet, vu de ce point élevé.

Le vendredi 8 septembre, nous nous séparons de nos aimables collègues de New-York et nous partons de la gare du New-York Central Railroad par un train spécial composé de luxueux Wagner Palace-cars, mis gracieusement à notre disposition par la Compagnie Wagner, et accompagnés par des Ingénieurs de la ligne qui se relaieront à la fin de leurs divisions respectives.

Plusieurs délégués du Comité de réception de New-York montent avec nous dans le train et nous accompagneront jusqu'à Chicago.

La ligne suit la rive gauche de l'Hudson jusqu'à Albany, et nous revoyons le magnifique spectacle que nous avons admiré en bateau quelques jours auparavant.

A mi-chemin d'Albany, nous voyons le grand pont de Poughkeepsie, sur l'Hudson.

Pendant le trajet, nous nous rendons compte de l'état de la voie, qui est admirablement entretenue, et du fonctionnement du bloc-système automatique, qui donne toute satisfaction sur ce réseau excessivement chargé.

Plusieurs d'entre nous montent sur la locomotive pendant le trajet, et nous pouvons constater combien ces machines, si légères

en apparence, à cause de la grande hauteur au-dessus du sol de l'axe de leur chaudière, du faible diamètre de celle-ci et des roues motrices, sont d'allure douce aux plus grandes vitesses, même dans les courbes, et quels sont les efforts considérables et prolongés qu'on peut leur demander à certains moments.

Elles doivent ces qualités à la présence d'un bogie à l'avant et à une grande capacité de production de vapeur obtenue en donnant de grandes dimensions à la grille et à la chambre de combustion, et en employant un tirage très énergique.

Nous voyons fonctionner l'alimentation du tender pendant la marche, au moyen d'un réservoir de 1 000 pieds de longueur (305 *m*) placé entre les rails de la voie et permettant d'aspirer 3 000 gallons d'eau (13,63 m^3) en marchant à une vitesse de 50 *km* à l'heure.

Nous remarquons aussi ce singulier système d'avertissement qui se compose de cordes verticales placées en travers de la voie à l'approche des travaux d'art et à une hauteur telle qu'un homme, circulant debout sur un wagon couvert pendant la marche des trains, soit touché par l'extrémité de ces cordes qui règnent sur une largeur à peu près égale à celle des wagons.

Le garde-frein ainsi touché est avisé de l'approche d'un danger et il a le temps de se garer pour ne pas être atteint.

Nous avons retrouvé ces cordes verticales sur plusieurs autres lignes.

Le soir, nous arrivons à Niagara Falls et nous faisons immédiatement une visite aux rapides d'amont et à la chute américaine.

Le lendemain, samedi 9 septembre, nous recommençons la visite méthodique des rapides d'amont, des chutes américaine et canadienne, des rapides d'aval, du Whirlpool, des ponts suspendus et en cantilever, des parcs réservés sur les deux rives américaine et canadienne.

Nous faisons la promenade classique à bord d'un petit vapeur qui nous mène au pied de ces immenses nappes d'eau qui se déroulent avec un bruit assourdissant au milieu de ces brouillards d'eau pulvérisée, produits par la chute effroyable de millions de mètres cubes d'eau tombant de 50 *m* de hauteur environ (161 pieds).

Je ne vous ferai pas la description de ce magnifique spectacle, qui a tenté des plumes plus autorisées que la mienne.

Je me contenterai de répéter la conclusion à laquelle arrivent tous ceux qui ont vu cette merveille de la nature : c'est qu'aucune

description n'en est possible ; il faut la voir pour s'en faire une idée exacte.

Après avoir admiré les chutes, nous allons visiter, sous la conduite de notre collègue, M. Turettini, Ingénieur conseil de la « Cataract Construction C° », que nous avons eu la bonne fortune de rencontrer à bord de *la Champagne* et qui a bien voulu se joindre à nous dans la plupart de nos excursions, les gigantesques travaux destinés à recevoir les turbines et les dynamos qui doivent transformer en travail industriel une partie de la puissance actuellement perdue des chutes du Niagara.

Après une très intéressante conférence faite par notre collègue, nous allons visiter le puits des turbines et le grand tunnel de dégagement des eaux.

Ce sont des travaux cyclopéens qui font le plus grand honneur aux Ingénieurs qui les ont conçus et exécutés.

Le puits des turbines est creusé dans le rocher à 55 *m* de profondeur ; il est suffisant pour permettre l'installation de dix turbines de 5 000 *chx* chacune.

Le tunnel, qui a 8 000 pieds de longueur (2 438 *m*) et une pente de 7 *mm* par mètre, a une section suffisante pour assurer l'écoulement de l'eau nécessaire à la production de 100 000 chevaux-vapeur.

Les turbines sont en construction à Philadelphie ; l'une d'elles est terminée, et on va en commencer prochainement le montage.

Les dynamos ne sont pas encore en construction, mais on va les commencer incessamment, et on espère pouvoir, avant une année, inaugurer cette usine unique au monde.

A côté, nous visitons une fabrique de papier qui a passé avec la « Cataract C° » un traité pour l'évacuation, par le tunnel, des eaux à provenir d'une turbine de 6 000 *chx* qui est en montage en ce moment.

Cette fabrique possède, dès aujourd'hui, une force motrice à vapeur assez considérable et une belle machine produisant 28 000 *kg* de papier par jour.

Nous partons le soir, et après une nuit passée dans les wagons-dortoirs de notre train, nous arrivons à Détroit où une cordiale réception nous est faite par les Ingénieurs de la région et, en particulier, par M. Smith qui, ayant fait ses études en France, en a conservé le meilleur souvenir. Après un petit déjeuner servi dans la gare et offert par la Compagnie du chemin du fer, une promenade dans les voitures ouvertes d'un tramway électrique

nous permet de voir les principaux quartiers de cette belle ville, et une excursion en bateau à vapeur dans la direction du lac Saint-Clair fait dérouler, devant nous, le port, les établissements industriels qui sont établis sur les quais, ainsi que les environs de la ville, qui sont très pittoresques.

Au retour, un magnifique déjeuner nous est offert par le Comité des Ingénieurs de Détroit ; en réponse aux remerciements que j'adresse au nom de notre Société, M. Smith prononce quelques paroles très chaleureuses et très flatteuses pour la France et pour ses Ingénieurs. M. Bélanger, agent consulaire de France, et quelques résidents français viennent nous souhaiter bon voyage et nous accompagnent à la gare où nous reprenons notre train spécial qui nous mène à Chicago à 9 heures du soir. A Niles, dernier arrêt avant d'arriver à Chicago, chacun de nous reçoit des mains d'une jeune personne indigène un charmant petit bouquet avec la carte de l'Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie du chemin de fer.

Le train qui nous transportait a dû traverser à Détroit le cours d'eau large et profond qui sépare le Canada des Etats-Unis et qui met en communication le lac Érié et le lac Saint-Clair.

Cette traversée a été effectuée sur un *ferry-boat* de grandes dimensions qui a transporté notre train entier préalablement coupé en trois tronçons.

Ces bateaux spéciaux, dont l'usage est très répandu aux États-Unis, rendent d'inappréciables services en permettant de ne pas rompre charge et en suppléant au manque de ponts qui, dans beaucoup de cas, seraient impossibles à construire ou nécessiteraient des dépenses énormes.

A notre arrivée à Chicago, nous trouvons M. Chanute et plusieurs autres de nos collègues américains qui nous souhaitent la bienvenue et qui nous conduisent jusqu'à l'hôtel où nous devons demeurer pendant notre séjour.

Cet hôtel est « l'Auditorium », l'une des plus vastes constructions des États-Unis, où l'un de nous a un numéro de chambre fantastique supérieur à 1 900, si mes souvenirs sont exacts.

La salle à manger est située au neuvième étage ; elle a une vue superbe sur le lac Michigan et la partie la plus élevée de la construction contient 19 étages.

Un service d'ascenseurs très intelligemment organisé réunit les différentes parties de l'édifice et rend les communications entre elles très faciles. Un ascenseur express réunit le rez-de-chaussée

à la salle à manger qui, nous l'avons déjà dit, se trouve au neuvième étage.

Le lundi 11 septembre, au matin, nous nous rendons au lieu de réunion des Ingénieurs de Chicago, où M. le Maire de la Ville nous fait un discours très original qu'il termine par des paroles de bienvenue auxquelles je réponds; puis, emmenés par nos Collègues américains, nous allons par les plus belles voies publiques, bordées de superbes habitations, jusqu'à Washington-Park où un déjeuner nous est offert.

Nous entrons ensuite dans l'Exposition par l'extrémité de Midway-Plaisance et nous rencontrons immédiatement la grande roue dont M. Ferris s'empresse de nous faire les honneurs.

Nous montons dans les cabines et, en deux tours successifs, nous jouissons de la vue d'ensemble de l'Exposition à des hauteurs variables allant jusqu'à près de 80 *m*.

Puis nous visitons la machinerie qui donne le mouvement à cette immense roue et nous sommes unanimes pour féliciter M. Ferris aussi bien sur la conception de l'idée que sur la manière tout à fait remarquable dont sa roue a été exécutée.

C'est certainement un des plus beaux travaux métalliques de l'Exposition.

En quittant la roue Ferris, nous parcourons tout Midway-Plaisance et, traversant le bâtiment des travaux de la femme, nous arrivons sur les bords de la lagune intérieure où la flottille électrique nous embarque et nous fait faire le tour des nombreux bassins pour nous débarquer devant le bâtiment de l'Administration où nous nous rendons.

M. le général Davis, Directeur général de l'Exposition, entouré de son haut personnel, nous reçoit de la façon la plus cordiale.

Après l'avoir remercié, je lui présente chacun de nos membres, puis M. Davis nous présente à son tour ses chefs de service en nous répétant qu'ils seront heureux de se mettre à notre disposition toutes les fois que nous en aurons besoin.

Plusieurs d'entre nous et moi-même, dans plusieurs circonstances, avons eu recours à l'obligeance de ces messieurs, et je me fais un devoir de les remercier de l'empressement et de la bonne grâce avec lesquels nos demandes ont toujours été accueillies et satisfaites.

Le mardi 12 septembre, nos collègues nous conduisent à l'Exposition par le lac Michigan; la traversée est faite sur un grand bateau à dos de baleine, dont quelques specimens seulement exis-

tent et ont, paraît-il, fait avec succès la traversée de l'Atlantique.

L'entrée de l'Exposition par le lac Michigan est majestueuse.

Aussitôt débarqués, nous visitons les trottoirs roulants qui sont installés sur une assez grande échelle pour que l'on puisse bien se rendre compte de leur fonctionnement et de leur utilité.

Le premier trottoir fait 3 milles (4,8 *km*) à l'heure et le second 6 milles (9,7 *km*).

Avec un peu d'habitude on passe en quelques enjambées de la vitesse 0 à la vitesse de 6 milles et inversement. Sur le trottoir à marche lente se trouvent placées de distance en distance des colonnettes qui servent à se cramponner quand l'équilibre du voyageur laisse à désirer et sur le trottoir à marche rapide il y a des bancs pour s'asseoir.

Nous montons ensuite dans un train du chemin de fer électrique qui dessert les différents points de la périphérie de l'Exposition. Cette ligne, qui a 6,25 milles (10 *km*) de longueur et sur laquelle se trouvent des courbes de 100 pieds (30,5 *m*) de rayon, comprend trois rails dont un, extérieur à la voie, sert de conducteur au courant électrique. Douze trains, composés chacun de quatre voitures à quatre-vingt-dix-huit places sont constamment en route et nécessitent l'emploi d'une force de 1 000 *chx*. Ce train nous mène au Pavillon français où nous sommes reçus admirablement par M. Bruwært, consul général de France à Chicago qui, dès notre arrivée, nous avait envoyé gracieusement une invitation à déjeuner.

Après les présentations, M. le Consul général nous fait les honneurs du Pavillon français, dont l'aménagement d'un goût exquis est composé des produits les plus remarquables de nos manufactures nationales ; puis il nous conduit, en traversant quelques bâtiments de l'Exposition, au restaurant suédois, où le déjeuner est servi.

La réunion est des plus animées, et le déjeuner se termine par une brillante allocution de M. le Consul général à laquelle je réponds par des remerciements chaleureux appuyés par les applaudissements de toute l'assemblée.

La journée du mercredi 13 septembre est employée en partie à la visite de la nouvelle gare en construction de l'Illinois Central Railroad et à celle de l'immense établissement Armour et Co, où se font sur une grande échelle l'abatage des animaux de boucherie et la préparation des viandes ainsi que celle des sous-produits.

La description de cet établissement a été faite plusieurs fois ;

aussi ne la recommencerai-je pas. Je me bornerai à dire que c'est horrible à voir, mais intéressant et curieux à étudier.

Le soir a lieu une réunion en notre honneur au club des Fifty; j'ai le regret de ne pouvoir y assister et je dois me faire excuser.

Cette réunion extrêmement brillante donne lieu à plusieurs discours très sympathiques auxquels plusieurs Membres de notre Société répondent.

Pour le jeudi 14 septembre, le programme comporte une visite des travaux très importants qui sont exécutés, en ce moment, pour déverser les eaux-vannes de la ville de Chicago dans un des affluents du Mississipi au lieu de les écouler dans le lac Michigan; mais, par suite d'une erreur inexplicable, les lettres d'invitation ne sont pas parvenues en temps utile et l'excursion n'est suivie que par un nombre insignifiant de nos Collègues qui nous ont fait une description très intéressante des travaux grandioses qu'ils avaient vus et des moyens ingénieux employés pour atteindre le but cherché.

J'ai présenté toutes nos excuses et exprimé tous nos regrets aux organisateurs de cette excursion qui avaient tout fait pour la rendre instructive et agréable et qui en ont été si mal récompensés.

Vendredi 15 septembre, réception par les Ingénieurs américains, suivie d'un souper, et à laquelle est invité M. le Consul général de France.

Très agréable soirée passée avec nos collègues, les principaux chefs de service de l'Exposition et quelques notabilités de la ville, américaines et françaises.

Le samedi 16 septembre, ont lieu, à l'Exposition, des essais de traction avec une locomotive à vapeur et une locomotive électrique; puis, on fait quelques petits voyages avec un train dit « train John Bull » composé de la plus ancienne locomotive d'Amérique qui a été mise en service en 1831 et de deux anciennes voitures à bogies construites en 1836.

M. le Directeur du département des Transports à l'Exposition m'ayant fait l'honneur de m'adresser une invitation pour un de ces voyages, je m'y rends et je puis examiner à loisir ces vénérables ancêtres des magnifiques véhicules dans lesquels nous avons fait quelques jours auparavant, et sans aucune fatigue, un trajet de 1 000 milles (1 600 *km* environ).

Pendant toute la journée des fêtes diverses ont lieu à l'Exposition. M. le Directeur général avait envoyé gracieusement une in-

vitation personnelle au Président de votre délégation et une autre collective pour tous nos collègues.

Le dimanche 17 septembre, les jardins de l'Exposition sont ouverts, mais l'entrée des bâtiments est interdite au public; il y a donc beaucoup moins de monde que les autres jours.

Nous en profitons pour visiter les parcs de la ville qui sont très vastes et assez bien tenus.

Je vais faire une visite à M. Corthell, président du Comité de réception, qu'une indisposition assez sérieuse avait empêché, à son grand regret, de remplir ses fonctions, et à M. Chanute, qui l'a remplacé, en y mettant autant de bonne grâce que d'empressement.

Le lundi 18 septembre, étant la veille de notre départ, chacun s'occupe des préparatifs du voyage.

Nos confrères de Chicago nous ayant invités à un dîner d'adieu, nous nous trouvons réunis une nouvelle fois autour d'une table magnifiquement servie, ornée de fleurs, et nous dînons aux sons harmonieux d'une musique jouant des airs français. M. le Consul général de France avait bien voulu accepter l'invitation qui lui avait été adressée et il assiste au dîner à côté du Président de votre délégation.

Au dessert, j'exprime les sentiments de reconnaissance que nous éprouvons pour l'accueil si sympathique que nous avons reçu à Chicago, et M. Hunt, Président du banquet, répond par un discours très applaudi.

M. le Consul général prend alors la parole et en termes très aimables nous souhaite un bon voyage en Amérique et un heureux retour en France. Ses vœux se sont heureusement accomplis, et je saisis l'occasion qui m'est offerte pour le remercier très vivement du si bon et si cordial accueil que nous avons trouvé auprès de lui. Comme Français et comme Ingénieurs nous devons lui en être doublement reconnaissants.

Je ne vous ai rien dit de ce que nous avons vu dans nos visites à l'Exposition, parce que cela aurait passé les limites d'un simple compte rendu de voyage fait un peu à la hâte ; le temps m'ayant manqué, entre notre retour en France et la séance de ce jour, pour faire un travail plus complet et aussi parce que les études que nous avons faites feront l'objet de rapports spéciaux qui vous seront présentés aussitôt que les membres de notre délégation, qui ont bien voulu s'en charger, auront mis leurs notes au net.

Je veux cependant vous donner une idée de l'impression générale que nous avons rapportée.

Le plan général de l'Exposition a été conçu avec une ampleur qui peut paraître exagérée quand on n'a sous les yeux que des chiffres et des plans ; mais quand on a parcouru ces immenses espaces on est obligé de convenir qu'on a su les utiliser d'une manière très intelligente.

L'ensemble des grands bâtiments groupés autour du bassin est vraiment grandiose et de plusieurs points on a des vues admirables, tant de jour que le soir, lorsque les innombrables lampes électriques projettent leur lumière sur les bâtiments et sur les eaux du bassin.

La façade sur le lac Michigan est aussi très belle et produit un grand effet quand on arrive à l'Exposition par les bateaux.

Plusieurs des grands bâtiments sont d'un bel aspect architectural et notre collègue M. Pillet vous dira ce qu'il pense des progrès que les Américains ont faits dans cette branche des Beaux-Arts qui s'appelle l'Architecture.

La charpente du bâtiment des mines, en forme de cantilever, choque au premier abord par l'absence de clef à la voûte que semble former la travée centrale. On revient de cette impression en étudiant le groupe des trois travées ; mais il est peu probable que ce genre de charpente soit adopté, au moins avec la disposition qu'on lui a donnée à l'Exposition de Chicago.

La grande halle du bâtiment des manufactures et des arts libéraux, un peu plus large que la halle des machines du Champ-de-Mars et sensiblement plus haute, nous paraît au contraire très réussie, et fait le plus grand honneur aux Ingénieurs et aux constructeurs américains. Malheureusement, on a laissé mettre dans l'intérieur un tel amoncellement de constructions et de motifs de décoration mal combinés, qu'il est impossible d'avoir une vue d'ensemble du vaisseau.

Quand on entre dans ce bâtiment, on n'éprouve aucun saisissement comparable à celui que produisait la halle des machines au Champ-de-Mars.

Il faut faire de grands efforts d'imagination et étudier cette belle construction de vingt endroits différents pour se convaincre qu'on est en face d'une œuvre grandiose.

Il est bien fâcheux qu'on ait détruit, comme à plaisir, par un aménagement intérieur aussi défectueux, l'effet que devrait produire un pareil travail.

En résumé, l'ensemble de l'Exposition de Chicago est bien américain par la manière grandiose dont les choses ont été faites; il est très réussi, et le succès qui a couronné cette somme considérable d'efforts est parfaitement justifié quoi qu'on ait dit quelquefois le contraire.

Le site est admirable et on a su en tirer un merveilleux parti.

Le mardi 19 septembre nous quittons Chicago, au matin, par un train spécial composé de « Pullman Palace cars » mis à la disposition de la Délégation par la Compagnie Pullman et par la Compagnie du chemin de fer de Chicago-Alton-Saint-Louis. Ce train est accompagné par les Ingénieurs divisionnaires de la ligne, qui nous donnent toutes les explications dont nous avons besoin.

Un peu avant l'arrivée à Saint-Louis, les délégués du Comité de réception des Ingénieurs de l'Ouest, ayant à leur tête M. Moore leur président et M. Séguenot, agent consulaire de France, montent dans le train. Des paroles aimables et des poignées de main sont échangées, puis le train se remet en route, passe sur l'un des grands ponts qui franchissent le Mississipi, et enfin on arrive à Saint-Louis.

Dans la soirée nous allons visiter, sous la conduite de nos collègues et de M. le Consul, l'Exposition qui se tient tous les ans à cette époque dans un immense bâtiment construit à cet effet.

Lorsque nous arrivons dans la salle de théâtre, où se donne un concert, nous sommes reçus aux accents de la Marseillaise que l'orchestre joue en notre honneur et que le salle entière applaudit vivement.

Le lendemain mercredi, 20 septembre, nos collègues nous font visiter la grande gare centrale, en construction, dont la halle, de proportions grandioses, 180 *m* de largeur sur 220 *m* de longueur, recouvre 32 voies, puis les grandes avenues, les parcs et les usines produisant l'électricité pour l'éclairage et pour la traction des tramways.

Nous nous embarquons ensuite sur le bateau d'inspection des travaux du Mississipi et nous allons visiter, en amont de la ville, et presque au confluent du Missouri, la nouvelle prise d'eau qui doit fournir en quantité suffisante et d'une qualité acceptable l'eau potable nécessaire à une aussi grande cité.

Les travaux, en pleine exécution, sont très considérables; la prise est au milieu du fleuve et un tunnel dans le rocher la met en communication avec le bâtiment des pompes qui élèveront l'eau dans de vastes réservoirs de décantation. Une galerie de

grandes dimensions amènera les eaux purifiées aux portes de la ville où des machines de relais les élèveront à la hauteur voulue pour permettre la distribution dans les maisons.

Pendant le trajet, M. Ockerson, l'Ingénieur chargé des travaux de rectification du Mississipi qui doivent améliorer considérablement les conditions de la navigation entre Saint-Louis et la Nouvelle-Orléans, nous expose, avec plans à l'appui, les méthodes suivies et nous fait connaître les résultats favorables obtenus.

Il me remet, pour les archives de notre Société, un album contenant l'indication de tous les ouvrages dont il vient de nous entretenir.

En débarquant, nous trouvons un train spécial qui nous fait parcourir l'elevated R.R qui longe les quais, passe sur l'un des grands ponts du Mississipi et nous ramène en ville par l'autre pont.

Nous prenons congé de nos aimables collègues, et le lendemain jeudi, 21 septembre, nous partons dans notre train pour Pittsburg où nous arrivons dans la soirée et où nous sommes reçus par le Président du Comité, M. Davison.

Après le dîner, réception officielle ; discours de bienvenue en français prononcé par M. Scaife, qui a suivi les cours de l'École des Mines, à Paris; puis, sous sa direction, ascension sur une colline de l'autre côté du Monongahela-River, d'où l'on découvre toute la ville de Pittsburg.

Le plan incliné qui nous conduit au sommet de la colline a une pente de plus de 0,50 *m* par mètre ; un assez grand nombre d'autres appareils du même genre mettent en communication les différentes parties de la ville.

Le vendredi 22 septembre, nous allons, en train spécial, visiter une mine de houille qui se trouve dans la région pétrolifère, assez loin de Pittsburg.

Cette mine est dans des conditions d'exploitation tout à fait favorables.

L'entrée des galeries est à flanc de coteau, à un niveau tel que les berlines débouchant de la mine se déversent directement dans les wagons de la ligne de chemin de fer qui passe au fond de la vallée.

Il n'y a pas d'eau à épuiser, les boisages sont inutiles, la couche est puissante et presque horizontale puisque sur 2,5 *km* elle plonge de 10 *m* seulement.

Elle donne du charbon de bonne qualité, qui revient à 75 cents la tonne (3,90 *f*).

En sortant de la mine de Jumbo, nous allons sur l'autre versant de la vallée visiter les puits à pétrole et à gaz naturel qui se comptent par centaines, bien que cette région pétrolifère n'ait été découverte qu'il y a trois ans.

La couche imprégnée de pétrole se trouve à une profondeur de 2300 pieds (700 *m*) environ, et les dépenses d'un puits se montent de 5000 à 6000 dollars (26000 à 31000 *f*).

Il arrive souvent que le forage ne donne aucun résultat, c'est-à-dire qu'il ne rencontre aucune couche pétrolifère, c'est ce qui explique le nombre considérable de puits et leur proximité les uns des autres.

Quand un forage donne du pétrole, mais en quantité insuffisante, cela peut tenir à ce que la roche imprégnée est trop compacte et ne présente pas assez de fissures pour un écoulement abondant du pétrole liquide ou du gaz.

On procède alors au torpillage du puits. Cette opération, qui a pour but de disloquer les roches et d'en augmenter les fissures, ne réussit pas toujours, mais on la tente quelquefois.

Le puits Édouard-Macdonald, n° 12, de 2300 pieds de profondeur s'étant trouvé dans les conditions ci-dessus, son propriétaire décida de le torpiller, et sur la demande de nos collègues américains, il consentit à retarder l'opération jusqu'au jour de notre visite. Nous avons donc assisté à ce spectacle vraiment original et intéressant, que je vais vous décrire en quelques mots.

On verse dans une cartouche en fer-blanc d'un diamètre un peu inférieur à celui du puits, une quarantaine de litres de nitroglycérine, puis on descend, avec précaution, cette cartouche au fond du puits.

On lâche ensuite un cylindre creux en fonte, lesté à la partie inférieure par un bourrelet, et qu'on appelle « diable »; à son arrivée sur la nitroglycérine le choc produit enflamme cette dernière et la détonation a lieu.

Le propriétaire du puits demanda au Président de votre délégation de lâcher le « diable », ce que je fis en formant le vœu que le résultat soit favorable.

Après nous être éloignés du puits et nous être mis à l'abri des projections liquides et solides qui pouvaient en sortir d'un instant à l'autre, nous avons la satisfaction de voir jaillir une ma-

gnifique gerbe de pétrole, qui d'un premier bond atteint 80 pieds (25 *m*) de hauteur, et d'un second 120 pieds (36,5 *m*).

Un léger vent incline la gerbe et l'étale en panache, ce qui augmente la beauté du spectacle.

On laisse le jet fonctionner un moment, puis on obture la tête du puits au moyen d'un bouchon portant un tube permettant de diriger le liquide dans un réservoir.

Dans les environs de ce puits s'en trouve un autre qui produit du gaz à une très haute pression. Pour nous donner une idée de cette tension, on ouvre l'extrémité du tube qui a 0,040 *m* de diamètre et on allume le jet. Aussitôt une gerbe immense de feu se produit et un bruit assourdissant se fait entendre à une grande distance ; à 10 *m* du jet il est impossible de parler à son voisin.

La pression dans le tube est de 170 livres par pouce carré (12 *kg* par centimètre carré) et on nous dit que certains puits donnent du gaz à la pression de 500 livres (35 *kg*).

Le gaz naturel est conduit au moyen de tuyaux jusqu'à Pittsburg où beaucoup d'usines l'emploient comme combustible.

Le pétrole sortant des puits est envoyé dans des réservoirs d'où on l'extrait au moyen de pompes qui le refoulent jusque sur les bords de l'Atlantique dans une conduite de 283 milles (455 *km*) de longueur.

Il y a cinq stations de pompes sur ce parcours.

La première, que nous visitons, se compose de deux pompes ayant 6 pouces de diamètre (0,152 *m*) et 36 pouces de course (0,914 *m*); elles refoulent 7 800 barils de 42 gallons par vingt-quatre heures, soit 61,44 m^3 par heure.

Elles sont actionnées par deux machines à vapeur fournissant ensemble 220 *ckx* et la pression de refoulement est de 1 100 à 1 200 livres par pouce carré (77 à 85 *kg* par centimètre carré).

On peut pousser la pression jusqu'à 1 400 livres par pouce carré (98,5 *kg* par centimètre carré), quand on a besoin d'augmenter le débit.

Nous allons ensuite visiter une usine où se fait le traitement des minerais venant de l'Ouest et d'où l'on extrait l'or, l'argent, le plomb et autres métaux par des procédés électriques.

Pour la suite de l'excursion, nous nous divisons en deux sections : l'une va visiter la Westhinghouse Electric C° et l'autre se dirige sur la Westhinghouse Break C°.

Ces deux usines, outillées d'une façon grandiose, présentent beaucoup d'intérêt pour les spécialistes ; malheureusement l'état

de stagnation des affaires aux États-Unis, en ce moment, a obligé de restreindre énormément leur production et beaucoup d'ateliers sont au repos.

L'usine de la Westhinghouse Break C° est outillée pour produire 500 freins pour wagons et 100 freins pour voitures par jour.

L'atelier des machines-outils contient 800 machines.

La fonderie, où tout le moulage se fait mécaniquement, est supérieurement organisée et elle peut produire 65 *t* par jour.

En rentrant en ville, nous visitons une immense maison en construction.

La carcasse, tout en fer, est presque terminée jusqu'au sommet et on va commencer le revêtement en briques et en pierres qui dennera au bâtiment son aspect définitif.

Le samedi 23 septembre nous nous embarquons sur un vapeur, *le Mason*, qui nous fait remonter le Monongahela jusqu'à Homestead où nous visitons les immenses établissements de Carnegie et Cie puissamment outillés pour la production de l'acier, le laminage des profilés jusqu'à 0,60 *m* de hauteur, le laminage des plaques de blindages et leur travail d'ajustage au moyen de colossales machines-outils.

Nous nous rembarquons et nous redescendons le cours du Monongahela jusqu'au confluent avec la rivière Allegheny que nous remontons pendant quelques kilomètres.

Nous passons sous un grand nombre de ponts qui forment une collection très intéressante comprenant presque tous les types connus, depuis les anciens ponts en bois entièrement fermés jusqu'aux magnifiques ponts modernes en acier à très grandes portées.

Nous redescendons l'Allegheny-River et nous suivons le cours de l'Ohio jusqu'à l'île Bernot que nous contournons pour admirer le grand pont qui la traverse ainsi que les deux bras de l'Ohio qui sont franchis par des travées de 160 *m* d'ouverture.

Puis nous débarquons à l'embouchure de l'Allegheny-River et nous allons visiter une belle usine de production d'électricité pour un réseau de tramways dont les voitures nous ramènent à l'hôtel.

Nous avons pu recueillir sur cette installation toute récente les données suivantes :

Longueur du réseau	16,5 milles =	26,55 *km*.
Nombre de voitures en service.		50

Travail moteur dépensé par la machine à vapeur actionnant les dynamos :

En été	400 *chx*
En hiver	700 à 800 *chx*
Dynamos à 4 pôles faisant	400 tours par minute.
Tension.	500 volts.

Dépenses d'installation :

Par car et par mille	0,96 cent =	0,031 *f* par kil.
Par cheval-vapeur-heure	0,65 cent =	0,034 *f*
Par kilowat-heure.	0,86 cent =	0,045 *f*

La dépense en charbon est la suivante :

Par car et par mille	0,4 cent =	0,013 *f* par kil.
Par cheval et par heure.	0,27 cent =	0,014 *f*
Par kilowat-heure.	0,36 cent =	0,019 *f*

Le soir, nous avons invité nos collègues américains à un dîner d'adieu qui a été très cordial. Aux remerciements adressés par le Président de votre délégation, les membres du Comité de réception ont répondu en regrettant la brièveté de notre séjour et en se mettant à la disposition de ceux de nos membres qui, désirant visiter avec plus de détails certaines usines, seraient tentés de rester plus longtemps à Pittsburg. Plusieurs d'entre nous ont profité de cette aimable invitation et ont prolongé leur séjour dans cette région si industrielle et si active.

La journée du dimanche 24 septembre est employée à nous transporter à Washington en traversant un joli pays, surtout dans la partie montagneuse des Alleghany, que la disposition bien commode du wagon-observatoire qui termine notre train nous permet d'admirer à notre aise.

Le tracé de la ligne, dans cette région accidentée, est vraiment remarquable, et certains passages, tels que le Horse-Shoe, si connu, sont admirables.

Notre train parcourt toute cette section, où les courbes sont si nombreuses, avec une vitesse très grande, et on fait instinctivement la comparaison entre le petit rayon de ces courbes qui descend jusqu'à 573 pieds (175 *m*) et la grande longueur des véhicules (jusqu'à 23 *m*), qui circulent dessus à la vitesse de 30 milles (48 *km*) à l'heure.

Le lundi 26 septembre nous visitons en voiture les beaux quartiers et les squares de Washington, en nous arrêtant aux princi-

paux édifices, tels que le Capitole, le monument de Washington, le Ministère de Guerre et Marine, etc.

Le Capitole, où se trouvent réunis la Chambre des députés, le Sénat et la Cour suprême des États-Unis, est un immense monument d'un très bel aspect et très bien situé pour être vu de loin de plusieurs points de la ville.

Le monument de Washington est une grande pyramide creuse en marbre blanc à base carrée qui a 555 pieds (169 *m*) de hauteur totale, une section au niveau du sol de 18 *m* environ de côté à l'extérieur et 10 *m* environ à l'intérieur.

Un ascenseur porte les voyageurs à une hauteur de 500 pieds (152 *m*) au-dessus du sol, sur un plancher qui est au niveau de la base du pyramidon terminant le monument.

Deux lucarnes percées dans chacune des faces permettent de voir la ville et ses environs ainsi que le cours du Potomac sur la rive duquel s'étend la capitale des États-Unis.

Nous allons ensuite visiter l'arsenal où se fabriquent notamment les canons destinés à la flotte en création.

Après le déjeuner nous nous rendons à la Maison Blanche, résidence du Président de la République des États-Unis d'Amérique où M. Cleveland nous reçoit de la façon la plus aimable.

Le Président de votre délégation lui est présenté, un échange de poignée de main et de quelques paroles de circonstance a lieu; puis je présente à M. le Président de la République chacun des membres présents de notre Société.

Après la réception à la Maison Blanche nous partons pour Mont-Vernon où se trouve la maison qu'habita Washington jusqu'à sa mort et le parc dans lequel se trouvent ses deux tombeaux.

La maison est transformée en un musée qui contient, en outre des meubles, une quantité d'objets rappelant le fondateur de la République américaine ou se rapportant à la guerre de l'Indépendance.

La propriété est admirablement située sur le bord du Potomac et la maison est d'une grande simplicité.

En revenant de Mont-Vernon je me rends chez M. Patenôtre, Ambassadeur de France aux États-Unis, à qui je remets la lettre de M. le ministre des Affaires étrangères accréditant notre Société auprès de lui.

M. l'Ambassadeur qui avait bien voulu venir de Newport où il

était en villégiature, pour recevoir le Président de votre délégation, lui fait le plus charmant accueil.

Il lui adresse les paroles les plus flatteuses pour notre Société ; il s'enquiert avec beaucoup d'intérêt du but de notre excursion et des facilités que nous avions trouvées pour l'accomplissement de notre mission. Il termine l'entretien en offrant son intervention dans tous les cas où elle pourrait nous être utile.

Le mardi 26 septembre, départ de Washington avec trois délégués du Comité de réception de Philadelphie qui sont venus au-devant de nous et sont arrivés la veille au soir.

A notre entrée en gare de Philadelphie nous sommes reçus par le Président du Comité, M. Birkenbine; M. Vossion, Consul de France, et les Ingénieurs de la Pennsylvania Railroad.

Après un échange de paroles courtoises nous visitons en détail la gare qui est en construction, mais dont l'immense halle est terminée; elle a une ouverture de 305 pieds (93 *m*) et présente un aspect grandiose.

Nous nous mettons en route pour le nouvel Hôtel de Ville où M. le Maire de Philadelphie nous souhaite la bienvenue dans les termes les plus chaleureux auxquels je réponds.

M. le Consul de France présente le Président de votre délégation qui, à son tour, présente à M. le Maire chacun de ses membres.

La réception a lieu dans le grand salon de l'Hôtel de Ville orné pour la circonstance de drapeaux américains et français.

M. le Maire nous présente ses chefs de service et, sous la conduite de l'architecte qui est chargé de la direction des travaux, nous faisons la visite de cet immense édifice, pour la construction duquel on a déjà dépensé 17 millions de dollars.

Du haut de la tour qui est fort élevée on a une vue magnifique sur la ville et ses environs ; nous remarquons sur la dernière plate-forme des colonnes en fonte de grandes dimensions qui sont recouvertes d'une mince épaisseur d'aluminium déposé galvaniquement pour les préserver de l'oxydation.. C'est, je crois, la première application en grand de l'aluminium pour cet usage.

En sortant de l'Hôtel de Ville nous parcourons les différentes galeries d'un immense magasin dans le genre du « Bon Marché », à Paris, et nous allons ensuite visiter la grande gare, en construction, du Philadelphia and Reading Railroad.

Cette gare, dont le sous-sol est occupé par un marché très important et une quantité de chambres réfrigérantes, est de pro-

portions gigantesques, comme presque toutes les gares terminus aux États-Unis.

La halle qui est d'une seule portée, a la forme ogivale; des tirants placés en dessous du plancher qui supporte les voies annulent la poussée des arcs.

L'aménagement intérieur est très luxueux et les commodités offertes aux voyageurs sont très grandes.

Un certain nombre de nos collègues que ces questions intéressent s'attardent avec le Président du Comité de réception, dans l'examen détaillé de cette belle gare et nous arrivons à l'ancien Hôtel de Ville trop tard pour entendre un magnifique discours que M. Smith, ancien ambassadeur des États-Unis en Russie, a prononcé à l'arrivée de nos autres collègues à qui il fait les honneurs du musée installé dans la salle où fut signé « l'acte d'indépendance » et dans les autres parties du bâtiment.

M. Pillet, notre collègue, a bien voulu dans cette circonstance remplacer le Président de notre délégation absent et a répondu à M. Smith en des termes qui ont obtenu l'approbation de tous.

Le soir, réception et souper au club des Ingénieurs.

Le mercredi 27 septembre, nous prenons un train spécial mis a notre disposition par la Compagnie du chemin de fer Philadelphia and Reading et nous traversons le faubourg de la ville pour arriver à Port-Richemond où se trouvent les chantiers de construction navales de MM. Cramp and Sons.

Cet établissement où se trouvent en ce moment, en construction, plusieurs navires de la marine de guerre des États-Unis actuellement en formation, est monté sur un très grand pied.

Les ateliers de chaudronnerie et ceux pour la construction des machines à vapeur sont puissamment outillés et très commodément disposés.

Nous visitons les ateliers où se fabriquent les canons et les projectiles, puis nous visitons la fonderie de cuivre qui produit une qualité de bronze manganèse spécial pour les hélices et certaines pièces de machine.

Ce métal forgé a une résistance à la rupture de 100 000 livres par pouce carré (70 *kg* par millimètre carré) avec un allongement de 28 0/0 mesuré sur 2 pouces (0,051 *m*), l'éprouvette ayant une section ronde de 1 pouce carré, soit un diamètre de 0,0288 *m*.

Le même métal simplement fondu a une résistance de rupture de 70 000 livres par pouce carré (49 *kg* par millimètre carré).

Une grue flottante de 125 tonnes et d'une grande portée attire notre attention ainsi qu'une machine à matter les tôles des coques de navire.

Cette machine portative très maniable est actionnée par l'air comprimé; elle peut aller dans tous les endroits, même les plus difficiles d'accès, et elle fait un travail excellent tout en ventilant les espaces dans lesquels elle fonctionne.

Nous visitons plusieurs croiseurs à différents degrés d'avancement et notamment *la Columbia* à trois hélices qui doit faire 21 nœuds et est actionné par trois machines à triple expansion de la force de 7 000 *chx* chacune.

Le croiseur *New-York* qui est sorti dernièrement des chantiers Cramp and Sons a subi avec succès toutes les épreuves imposées, et comme il a donné une vitesse supérieure à celle de 20 nœuds, exigée par le cahier des charges, les constructeurs ont touché une prime importante.

C'est dire que la Compagnie Cramp and Sons obtient dans la construction des navires de guerre les mêmes succès que dans la construction des grands navires de commerce et des transatlantiques qui sortent de ses chantiers.

MM. Cramp nous font eux-mêmes avec la plus aimable courtoisie, les honneurs de leurs vastes établissements; ils nous offrent au milieu de la journée un lunch somptueux, et au moment du départ ils ont l'amabilité de me remettre, pour notre Société, deux superbes photographies du croiseur *le New-York*, dont je viens de vous entretenir.

Nous quittons les chantiers Cramp and Sons sur un bateau mis gracieusement à notre disposition par M. le Maire de Philadelphie, et nous assistons, au large, à une manœuvre de pompe très intéressante faite par un fire-boat appartenant à la ville.

Ce bateau porte 8 amorces de tuyaux de 2 pouces de diamètre (0,051 *m*) et à l'avant une buse de 4 pouces (0,102 *m*), qui peut s'orienter de toutes les façons au moyen de deux volants.

La pression de l'eau est de 240 livres par pouce carré, soit 17 *kg* par centimètre carré, ce qui permet de donner aux jets une amplitude considérable.

Après ce spectacle imposant qui provoque les applaudissements de tous, nous remontons le Delaware pendant un certain temps, puis nous redescendons ce beau fleuve pour nous rendre compte de l'importance du port de Philadelphie et de ses moyens d'action.

Le jeudi 28 septembre, nous nous séparons en deux groupes: l'un se dirige sur Reading pour voir les grands ateliers de la Carpenter Steel C°, et l'autre va visiter les ateliers de construction de Baldwin et de Sellers, ainsi que les travaux hydrauliques de Fairmont.

Les établissements Carpenter, à Reading, sont très beaux. Ils fabriquent notamment des aciers spéciaux pour outils d'une dureté considérable et des projectiles de tous genres pour la grosse artillerie. Leur outillage est puissant et leurs produits remarquables sous tous rapports.

Les membres de notre délégation qui sont allés à Reading sont reçus d'une façon toute à fait cordiale par M. Carpenter qui leur offre un lunch et leur facilite, dans l'après-midi, la visite, en voiture, des environs qui sont d'une remarquable beauté.

Le retour à Philadelphie se fait comme pour l'aller par un train spécial que la Pennsylvania Railroad C°, avait mis à notre disposition.

Les membres faisant partie de la seconde expédition vont visiter les ateliers si puissamment outillés et admirablement organisés de Baldwin, ainsi que ceux du constructeur universellement connu William Sellers.

Ils remarquent dans ces deux établissements des machines intéressantes et des engins puissants, pour la manœuvre rapide et commode de grandes masses telles qu'une locomotive entière par exemple.

La visite des water-works de Fairmont, est aussi très intéressante. Le soir, à 6 heures, nous nous retrouvons tous réunis Américains et Français, au Manufacturer's Club, où un dîner d'adieu nous est offert par nos collègues de Philadelphie, sous la présidence de M. Birkinbine, Président du Comité de réception et auquel assistent MM. Cramp et Carpenter, ainsi que M. le Consul de France.

A la fin du repas, M. le Président Birkinbine prononce un excellent discours et nous souhaite un bon voyage de retour en France. Le Président de votre délégation répond dans les termes suivants pour remercier tous nos collègues américains de l'accueil si cordial et si empressé, que nous avons reçu partout où nous nous sommes arrêtés aux États-Unis.

Voici le texte de ce discours dans lequel j'ai pris en votre nom des engagements que vous ratifierez avec empressement, puisqu'ils se rapportent à l'accueil que nous réservons aux Ingé-

nieurs américains quand ils reviendront en France, ce qui est dans l'intention de beaucoup d'entre eux.

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» MESSIEURS,

» Nous sommes arrivés au terme de notre voyage aux États-
» Unis et je profite de la réunion plénière que votre courtoisie
» nous a ménagée, au moment de notre départ, pour remercier,
» en vous, les diverses Sociétés d'Ingénieurs américains, de l'hos-
» pitalité si complète et si cordiale qu'elles ont offerte à ceux des
» membres de la Société des Ingénieurs Civils de France qui ont
» eu la bonne fortune de venir dans votre beau pays.

» Nous emportons un ineffaçable souvenir de ce temps passé
» au milieu de vous et pendant lequel nous avons pu admirer,
» sans réserves, les progrès que vous avez fait accomplir à l'art
» de l'Ingénieur.

» Et, devant toutes ces merveilles que vous avez accumulées,
» en cette patrie de la hardiesse, nous avons ressenti non seule-
» ment de l'admiration, mais encore, nous vous le disons sans
» arrière-pensée, une véritable joie.

» N'y a-t-il pas toujours eu, entre Américains et Français,
» une affection assez grande pour exclure toute idée de rivalité
» jalouse ?

» Cette fraternité qui unit les deux Républiques sœurs, acquise
» dès l'origine, par le sang versé en commun, ne s'affirme-t-elle
» pas en effet chaque jour, par le travail pacifique qu'elles prati-
» quent avec ardeur et sans découragement ?

» Aussi sommes-nous heureux d'être à côté de vous et de pren-
» dre quelque peu notre part à votre joie du triomphe ; car rien
» de ce qui vous intéresse ne saurait nous être étranger.

» Il me semble que notre rôle de travailleurs, à nous Ingé-
» nieurs, dans ces pays libres, est de montrer le chemin aux
» autres nations et que notre grand souci doit être d'y marcher
» toujours en tête.

» Une communauté de vues est donc nécessaire entre nous.

» Restons unis avec cette idée que, jusqu'à ce jour, la France
» et l'Amérique ont été les grands pays d'origine de la liberté et
» de la civilisation.

» C'est pourquoi ces cordiales visites devraient être fréquentes,
» entre nous, pour créer constamment une entente par la consta-

» tation des progrès de chacun et par l'enseignement que, les uns
» et les autres, nous en pourrons tirer.

» Aussi, Messieurs, est-ce « au Revoir » que je vous dis et non
» pas « Adieu ».

» Dans quelques années vous viendrez dans cette France qui
» vous rend bien la sympathie que vous avez pour elle et qui
» vous recevra comme ses enfants.

» Vous y constaterez, je l'espère, que nous ne restons pas en
» retard et vous trouverez, sans doute, dans nos travaux, l'in-
» fluence bienfaisante de vos idées.

» En attendant que nous ayons le plaisir d'être de nouveau
» réunis, je bois, Messieurs, à la prospérité des États-Unis et à la
» santé de tous ses Ingénieurs, nos éminents et sympathiques
» collègues. »

Après quelques autres discours prononcés par nos collègues américains et français et par M. le Consul de France, le Président de votre délégation profite de l'occasion de la dernière réunion en Amérique, où tous ses membres sont présents, pour remercier chaleureusement M. de Chasseloup-Laubat de la part qu'il a prise dans l'organisation de notre excursion, qui a été si réussie, si bien coordonnée, et dont tous ceux qui y ont pris part conserveront le meilleur souvenir.

Ces remerciements, bien mérités, ont reçu l'approbation de tous et je vous demande, Messieurs, de les ratifier au nom de la Société.

L'heure du départ étant arrivée, nous partons tous pour la gare de Pennsylvania Railroad où notre train nous attend.

De nouveaux souhaits de bon voyage nous sont adressés par M. le Président du Comité de réception et par M. le Consul de France.

Nous serrons la main à tous nos excellents confrères et compatriotes, et au moment où notre train se met en route, des voitures et du quai d'embarquement partent de formidables cris de « Vivent les États-Unis ! », « Vive la France ! »

Dans la soirée nous arrivons à Jersey-City; nous prenons un ferry-boat qui nous mène à New-York, où nous avons la journée du vendredi pour nous préparer à refaire la traversée de l'Atlantique.

Une partie des nôtres se séparent du groupe pour aller faire une excursion complémentaire au Canada, dont le compte rendu

vous sera fait ultérieurement, et les autres s'embarquent, le samedi matin, sur *la Bourgogne*, où ils reçoivent, au moment du départ, par des lettres et des télégrammes signés de M. le Consul de France à Philadelphie, de M. Chanute, de Chicago, et de M. Woods, de Boston, de nouveaux souhaits de bon voyage envoyés tant en leur nom personnel qu'au nom de nos compatriotes et de nos collègues américains.

Une semaine entière de mauvais temps nous fait paraître longue cette traversée, malgré l'amabilité du commandant du paquebot.

Enfin, le dernier jour, le temps se met au beau; les côtes de France apparaissent à l'horizon, et, le soir du dimanche 8 octobre, nous débarquons, tous en bonne santé, sur le quai du Havre.

Nous nous séparons pour rentrer chacun dans ses foyers, emportant le meilleur souvenir de ce long, mais très intéressant et très instructif voyage, fait en commun, et pendant lequel beaucoup d'entre nous ont noué des relations d'amitié qui ne feront que se consolider pour le plus grand bien de notre Société.

Vous connaissez maintenant, Messieurs, l'emploi de notre temps pendant notre absence de France. Si nous sommes arrivés à un si beau résultat, nous le devons à la courtoisie et au dévouement de nos collègues américains, à l'empressement avec lequel les administrations publiques et privées, les Compagnies de chemins de fer, aussi bien que les Compagnies industrielles et commerciales nous ont facilité le voyage, nous ont ouvert les portes de leurs établissements et nous ont fourni tous les renseignements et tous les documents qui pouvaient nous intéresser.

En dehors des visites dont je vous ai parlé ci-dessus, un grand nombre d'entre nous en ont fait d'autres qui les intéressaient particulièrement; et partout ils ont trouvé, sur la présentation de nos collègues américains, le même accueil, le même empressement. Tous les clubs importants des grandes villes où nous nous sommes arrêtés nous ont gracieusement envoyé des cartes de membres temporaires pour la durée de notre séjour.

Nous avons été extrêmement touchés de la manière affable dont nous avons été reçus partout et toujours, aussi bien par les Américains que par les représentants de la France aux États-Unis.

Le Président de votre délégation a, toutes les fois qu'il en a trouvé l'occasion, exprimé ses sentiments de reconnaissance, et je vous demande, Messieurs, de vouloir bien vous y associer pour reconnaître, dans une faible mesure, les égards dont vos collègues

ont été comblés et qui, en réalité, s'adressaient à votre Société, dont nous étions les heureux et fortunés représentants.

Je ne terminerai pas sans vous demander aussi de voter des remerciements à MM. de Chasseloup-Laubat, Pillet, Halberstma, Turettini et de Dax, qui, dans les circonstances assez nombreuses où plusieurs discours devaient être prononcés, ont bien voulu prêter le concours de leur parole éloquente et toujours applaudie.

Enfin, nous n'oublierons pas les services nombreux et répétés que notre excellent et infatigable Secrétaire Général, M. de Dax, nous a rendus pendant le long voyage que nous venons d'effectuer.

Le Président de votre délégation, dont la tâche était souvent lourde, lui est tout spécialement reconnaissant du concours dévoué qu'il a trouvé en lui.

Me voici arrivé, Messieurs, à la fin de mon compte rendu ; il a peut-être été un peu long; mais il y avait à relater tant de choses et tant de faits, qu'il m'eût été difficile d'être plus bref sans risquer d'omettre un point intéressant de ce beau et instructif voyage, qui aura certainement les meilleurs résultats pour notre Société, qu'il aura contribué à faire connaître.

J'espère que le récit bien écourté de notre expédition éveillera chez beaucoup de nos collègues le désir de visiter les États-Unis, et je leur souhaite de mettre leur projet à exécution. Ils sont sûrs de trouver là-bas un excellent accueil et ils en rapporteront des enseignements et des souvenirs qui, répandus en France, feront mieux connaître et apprécier ce grand pays, ami du nôtre.

Je termine, Messieurs, en vous disant que je suis très heureux et très fier de m'être trouvé à la tête de votre délégation aux États-Unis; une seule crainte m'empêche de goûter toute la satisfaction que j'en éprouve, c'est celle de n'avoir pas été à la hauteur d'un rôle qu'il eût été si important pour notre Société de voir tenu par un membre plus autorisé et surtout par notre éminent Président, M. Jousselin.

Extrait du Procès-verbal de la séance du 20 octobre 1893.

M. le Président déclare qu'il n'a rien à ajouter aux applaudissements qui viennent d'accueillir le compte rendu de M. Rey. Il dit que c'est certainement à lui qu'on doit la plus grande part du succès de cette excursion, tant au point de vue technique qu'à celui de nos relations futures avec les Ingénieurs des États-Unis.

M. le Président propose à la Société de voter séance tenante des remerciements à tous les Ingénieurs, Sociétés, Compagnies et Associations d'Ingénieurs d'Amérique qui ont accueilli nos collègues d'une façon si cordiale et si amicale, ainsi qu'à M. L. de Chasseloup-Laubat pour la part qu'il a prise dans l'organisation de cette excursion si bien réussie.

Ces remerciements sont votés par acclamations.

EXCURSION COMPLÉMENTAIRE

AU CANADA

ET A BOSTON

PAR

M. A. De DAX

Tandis qu'une partie de nos collègues se préparaient à prendre le paquebot *la Bourgogne*, pour rentrer en France, quelques-uns d'entre nous (1) partaient de New-York, le vendredi 6 octobre, pour passer quelques jours au Canada, revenir par Boston et quitter enfin définitivement les États-Unis huit jours plus tard.

Notre premier objectif était de descendre le Saint-Laurent, de Clayton à Montréal, par le bateau du samedi matin. Mais en route nous apprenions que les horaires étaient changés depuis la veille et qu'aucun train régulier ne pouvait nous permettre d'arriver en temps voulu à Clayton.

Groupés dans un wagon dont nous avons la libre disposition grâce à l'amabilité intéressée du chef de la voiture, nous décidâmes de demander un train spécial. Après un échange rapide de dépêches envoyées et reçues en cours de route, nous fûmes assurés de trouver, en arrivant à Carthage, point terminus du train régulier, un train spécial pour nous conduire à Clayton.

En effet, aussitôt à cette station, notre wagon, qui était le dernier du train, fut détaché et nous restâmes au milieu de la voie sans être protégés par les signaux ou feux d'aucune sorte. Bientôt une locomotive vint auprès de notre wagon, mais les attelages ne correspondaient pas. Sans hésiter, le mécanicien prit dans son caisson à outils, un fort maillon allongé puis deux broches et notre attelage fut ainsi réalisé. C'était en somme celui des bennes des mines à charbon.

(1) Ce sont MM. Billaudot, Brancher, Cornaille, de Dax, Domange, Dumont, Goblet, Krieg, Lombart, Lordereau, Osterman, Supplisson.

Quelques instants après, nous quittions Carthage et arrivions une heure et demie plus tard à Clayton, après avoir, sur le parcours, subi de nombreux arrêts. Tantôt c'était un train de marchandises qui était en travers de la voie, sur une autre ligne perpendiculaire à notre direction. Nous stoppions, le mécanicien descendait, et après un instant de conférence avec son collègue de l'autre train, ce dernier manœuvrait pour nous laisser passer. Ou bien il fallait nous garer pour éviter quelque train venant en sens inverse sur l'unique voie de la ligne. Tout cela se faisait en pleine nuit, sans signaux, sans sifflet, sans qu'il parût y avoir de chef de mouvement, et ne manquait pas d'un certain pittoresque.

Après une nuit excellente, mais un peu écourtée, passée dans l'hôtel de Clayton, où nous étions arrivés assez tard dans la nuit, nous étions debout de bon matin pour admirer la vue splendide du Saint-Laurent et des Mille-Iles (Thousand-Islands). Bientôt nous embarquions sur le steamboat qui descend le fleuve jusqu'à Montréal.

Le temps était clair, le soleil radieux et les points de vue incessamment variés se déroulaient devant nos yeux, sans que nous puissions nous lasser de les contempler.

Après le Niagara, c'est certainement un des beaux spectacles qu'offre l'Amérique.

Non sans quelque émotion, nous franchissons les rapides de Long-Sault, sous l'œil paternel du pilote indien, bien déchu de son ancienne splendeur, et arrivions au village de Lachine vers 7 heures, trop tard pour descendre les grands rapides ce soir-là. Prenant le train qui stationnait sur le quai, près des écluses, nous arrivâmes à Montréal quelques minutes après, le samedi soir.

Cette ville peut être considérée comme divisée en deux parties bien distinctes, la ville haute ou ville anglaise, et la ville basse ou ville française, dans laquelle nous retrouvions avec plaisir l'aspect de nos vieilles cités de France. Langage, habitudes, tout était français, et le pavillon tricolore qui flottait sur l'une des tours de la cathédrale catholique nous prouvait combien les Canadiens ont conservé le souvenir et le culte de la mère-patrie.

Après avoir, le lendemain matin, descendu les rapides de Lachine, nous fîmes une visite fort intéressante aux travaux d'amélioration du port de Montréal, puis aux divers monuments de la ville.

Cette dernière est sillonnée par de nombreuses lignes de tram-

ways électriques à trolls avec retour du courant par les rails, mais dont l'entretien nous a paru assez défectueux. Constamment, en effet, les dynamos motrices des voitures, aussi bien que les trolls ou que les roues au contact des rails, lançaient des étincelles électriques qui, par moment, atteignaient les proportions d'un véritable feu d'artifice. L'usine de production de force motrice et l'exploitation doivent s'en ressentir.

Le lundi, nous faisions une excursion matinale au mont Royal (mont Real), qui domine la ville et d'où la vue est splendide. C'est le lieu de rendez-vous et de promenade des habitants, et nous pûmes examiner un funiculaire destiné à faciliter l'ascension de la colline, funiculaire qui, du reste, ne présente rien de particulier.

De retour à l'hôtel Windsor, nous étions rejoints par deux de nos collègues qui avaient pris chacun une route différente de la nôtre au départ de New-York.

Les émotions ne leur avaient pas non plus manqué.

L'un d'eux avait été témoin d'un horrible accident. A un passage à niveau, l'éperon de la locomotive avait atteint une voiture qui traversait imprudemment la voie à ce moment, et les deux personnes qui se trouvaient dans la voiture avaient été tuées, tandis que le cheval s'en tirait sain et sauf.

Le second, moins fortuné encore, ayant pris un train qui ne le menait pas directement à destination, avait dû, au milieu de la nuit, quitter son confortable sleeping-car, non sans avoir une explication des plus orageuses avec les employés. Bien entendu, les difficultés qu'on lui opposait avaient soudain disparu devant le dieu Dollar, et tout s'était ensuite arrangé pour le mieux.

Embarqués le soir sur un steamboat à destination de Québec, où nous devions arriver le mardi matin, nous trouvâmes à bord M[me] de Lavallée-Poussin, femme de notre collègue et correspondant au Canada, et qui se rendait comme nous à Québec, pour y rejoindre son mari. La soirée fut charmante, et nous eûmes de plus, vers 10 heures et demie, le spectacle d'une aurore boréale assez belle.

Arrivés à Québec à 8 heures et demie du matin, nous étions, à 9 heures, les hôtes de notre collègue, M. de Lavallée-Poussin, qui, très aimablement, se mit à notre entière disposition. Il nous fit visiter successivement la citadelle, les champs de bataille où tombèrent autrefois Montcalm et Wolf, puis nous mena au

palais du Gouvernement, où nous fûmes reçus de la façon la plus cordiale.

Mais notre temps était limité. Un déjeuner d'adieu nous était gracieusement offert par M. et Mme de Lavallée-Poussin, et à 2 heures nous quittions, bien à regret, nos aimables hôtes pour regagner les États-Unis.

Après une nuit passée dans d'excellents sleepings, nous arrivâmes le mercredi matin à Boston où nous attendait le comité de réception (1) qui devait nous faire visiter la ville et les travaux. Nous retrouvons en même temps trois de nos collègues, MM. Biderman, Ch. Marteau et Paciure.

La première journée fut consacrée à visiter les tramways électriques (Boston est la première ville où ils furent installés), le parc splendide qui environne la ville, les travaux d'eaux et d'alimentation de Chestnut-Hill, l'Institut de technologie, où nous avons pu remarqner un laboratoire d'essai muni de machines très bien combinées.

Après un luxueux déjeuner à l'Union-Club offert par nos Collègues, nous prenons un bateau à vapeur mis à notre disposition par M. Carter, surintendant de la Voirie et des Égouts, et nous visitons le port, les machines élévatoires du Service des égouts, les réservoirs de Moon-Island et le débouché des égouts dans la mer.

(Les renseignements sur ces travaux considérables sont déposés dans notre bibliothèque.)

Le lendemain, jeudi, un train spécial, gracieusement offert par le Directeur général et l'Ingénieur de la Compagnie Boston and Maine, nous emmenait de bonne heure visiter les travaux du barrage sur la rivière Merrimack, puis de là aux grandes filatures dites Pacific et Washington Mills.

Un excellent lunch nous était offert par ces messieurs dans le local du Club construit sur la rivière même dans une situation charmante, puis nous visitions les travaux d'installation des bassins pour le filtrage des eaux et nous rentrions à Boston où nous prenions congé définitif de nos Collègues des États-Unis.

Arrivés à Fall-River par le train du soir, nous nous embarquions sur le steamer le *Puritan* *(voir page 348)* qui nous ramena à New-

(1) Ce comité était composé de MM. le Prof. W. Watson, Président; H.-D. Woods, Secrétaire; John Freeman, Président de la Société des Ingénieurs civils de Boston; Tinkham, Secrétaire, et de MM. A.-F. Noyes, H.-H. Carter, Geo. S. Rice, Desmond Fitzgerald, F. Brooks, Prof. Lanza, C.-J.-H. Woodbury, J.-T. Boyd, E.-W. Howe, J.-A. Tilden et Th. Doane.

York après une navigation de nuit très agréable dans le golfe de Long Branch.

La journée de vendredi fut consacrée dans cette ville aux derniers préparatifs et le samedi, à deux heures, nous quittions définitivement les États-Unis par le paquebot de la Compagnie transatlantique *la Bretagne*.

Au sortir de la rade de New-York, nous eûmes le spectacle féerique de la course entre les deux voiliers *Walkyrie* et *Vigilant* pour la possession de la coupe America. Depuis 1851 entre les mains des Américains, elle y est encore restée cette année.

Nous eûmes la bonne fortune de retrouver à bord quelques-uns de nos Collègues qui s'étaient, comme nous, un peu attardés aux États-Unis.

Aussi la traversée fut-elle fort gaie et agrémentée de quelques incidents des plus amusants, et, le 15 octobre, nous étions au Havre.

Qu'il me soit permis, en terminant, de remercier, au nom de tous mes compagnons de route pendant ce petit voyage, nos si aimables hôtes du Canada ainsi que les Ingénieurs de Boston dont l'accueil si cordial et si chaleureux nous a laissé de profonds et agréables souvenirs.

CHRONIQUE

N° 166.

SOMMAIRE. — Relèvement des navires coulés. — Ancien pont en béton. — Emploi du pétrole contre les incrustations des chaudières. — Assainissement de la ville de Juiz de Fora. — Bateaux amphibies. — Achèvement du canal de Panama.

Relèvement des navires coulés. — Le relèvement ou la destruction des navires coulés est une opération qui est du domaine des autorités des ports et qui, dans le cas de la Tamise, a pris, depuis quelques années, une importance considérable. Cette question a fait l'objet d'un Mémoire de M. C. J. More, lu récemment devant l'*Institution of Civil Engineers*. Nous en donnons ici un résumé.

Les pouvoirs nécessaires pour relever ou détruire les épaves ont été donnés au *Conservancy Board* de la Tamise par un acte du Parlement en 1857; mais ces pouvoirs étaient limités au cas où l'armateur du navire coulé ne voulait ou ne pouvait pas le relever après en avoir été requis sous forme régulière.

En 1870, ces pouvoirs furent étendus de manière à permettre aux Conservateurs d'opérer sans attendre les délais nécessités par le mode précédent de procéder.

Ils sont, de plus, autorisés à recouvrer des armateurs le montant des frais causés par l'enlèvement des épaves et, en cas de non-paiement de ces frais, à vendre le navire et la cargaison, et, si le produit de cette vente est insuffisant, à poursuivre les armateurs pour la différence.

L'organisation de ce service, dit *Wreck service*, a été grandement facilitée par ce fait que les Conservateurs ont la surveillance des bouées d'amarrage et corps morts dans le port de Londres, surveillance qui nécessite l'existence d'un personnel et d'un matériel *ad hoc*. Ce personnel et ce matériel sont donc tout prêts pour les opérations de relèvement; on leur a, de plus, adjoint un matériel spécial qui est stationné au wharf du *Conservancy Board* à Millwall.

Ce matériel spécial se compose de : cinq allèges de 21 *m* de longueur, 7,25 *m* de large, ayant un déplacement total, soit une capacité de soulèvement de 150 *tx*; — deux de 27 *m* sur 7,25 et 300 *tx* de déplacement; — deux de 33 *m* sur 8,50 et 400 *tx*; — soit, en tout, neuf allèges d'une puissance totale de 2150 *tx* à la flottaison normale; mais, avec un peu plus d'enfoncement, on peut notablement dépasser ce chiffre. Il y a, en plus, un remorqueur à hélice de 18,20 *m* de longueur et 4,25 *m* de large, avec une machine de 30 *chx* nominaux; un navire vigie stationné à Gravesend et destiné à marquer la position des navires coulés dans la partie inférieure du fleuve, et trois autres bateaux-vigies plus petits stationnés dans la partie supérieure moins exposée.

fait agir les pompes et à mesure que l'on épuise l'eau, le navire flotte et on peut le remorquer dans une forme sèche. Le temps nécessaire pour relever un grand vapeur varie, suivant les circonstances, de une à deux semaines, à partir du commencement des opérations.

Le coût du sauvetage est déterminé par un tarif qui fixe le prix de l'emploi des divers appareils et de la main d'œuvre.

Pendant les onze dernières années, il a été relevé par le *Conservancy Board* de la Tamise 74 vapeurs d'un tonnage total de 55 758 *tx*, 54 navires à voiles de 9 128 *tx* et 300 bateaux de rivière de 11 956 *tx*, soit un tonnage de 76 872 *tx*. Ces chiffres suffisent pour donner une idée de l'importance et de l'efficacité de cette organisation.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. More, il a été donné des détails intéressants et peu connus sur la question du sauvetage des navires naufragés. Les moyens indiqués plus haut sont limités au cas de navires de dimensions relativement faibles, et n'ont en vue que des sauvetages locaux.

Il n'y a dans le monde que trois sociétés qui disposent de ressources puissantes et peuvent entreprendre le relèvement à distance de gros bâtiments. Ce sont la Compagnie Neptune de Stockholm, la Schwitzer Company de Copenhague et la Northern Company de Hambourg, celle-ci récemment constituée. La première a opéré le renfloulage du cuirassé anglais *Howe* coulé sur les côtes d'Espagne. La même Compagnie et la dernière ont effectué en participation le relèvement du paquebot allemand *Eider*, échoué au large de l'île de Wight. Ce genre d'opérations est très aléatoire parce que souvent les armateurs, au lieu de payer le prix convenu pour le travail, préfèrent abandonner aux sauveteurs l'épave dont ceux-ci ne peuvent quelquefois tirer qu'un prix dérisoire, ce qui est arrivé dans le cas de l'*Eider* qui a été vendu 200 000 *f* seulement. On peut citer également le cas du *Locksley Hall* coulé dans la Mersey ; on voulait d'abord le faire sauter à la dynamite, mais comme il se trouvait près du tunnel sous le fleuve, la Compagnie du tunnel s'y opposa. Le relèvement coûta 375 000 *f*, et l'épave mise aux enchères ne trouva acquéreur qu'au prix insignifiant de 25 000 *f*, de sorte que si les sauveteurs l'avaient prise comme paiement, ils auraient fait une très mauvaise affaire, mais ils avaient été plus avisés et s'étaient fait payer en argent.

Ancien pont en béton. — Le *Schweizerische Bauzeitung* donne des renseignements sur un pont en béton qui est un des plus anciens, sinon le plus ancien, qui existe en Suisse. Ce pont se trouve à Erlisbach près d'Aarau, il franchit une petite rivière qui forme la limite des cantons de Soleure et d'Argovie. Nous avons eu l'occasion de le visiter cet été et nous pensons que les renseignements qui suivent intéresseront nos collègues.

Ils ont été trouvés dans les archives de la maison Fleiner et Cie d'Aarau, la plus ancienne fabrique de ciment de la Suisse et sont dus à la plume de M. Ch. Herosé, ancien propriétaire de cette fabrique.

Le pont a été construit en 1840 par la fabrique d'Aarau avec son ciment romain et donné à la commune d'Erlisbach. De vieux habitants de cette commune se rappellent encore avec quelle attention a été suivie

la construction de ce pont et soutiennent qu'on a employé dans la fabrication du béton une grande quantité de lait. Ce détail ne figure pas dans le document que nous donnons plus bas. C'est peut-être comme le vin que les traditions populaires rapportent être entré dans la confection des mortiers avec lesquels ont été faites les maçonneries des vieux châteaux aujourd'hui en ruines et qui leur a donné cette force de résistance que nous admirons aujourd'hui. Quoi qu'il en soit, le pont d'Erlisbach est actuellement dans le meilleur état. Voici la description dont le style et l'orthographe ont été respectés.

« *Pont d'Erlisbach* construit uniquement d'un béton fait avec le ciment d'Aarau gâché, mélangé avec du mortier ordinaire et ensuite avec des pierres concassées..... La voûte de ce pont a 24 pieds (7,20 *m*) de longueur et 10 pieds (3 *m*) de corde..... Les fondements pour les murs de côté ont été creusés — trop forts — à environ 1 1/2 pied. Il y avaient des pierres restantes d'un ancien pont écroulé dont on s'est servi afin de les utiliser. Le restant des murs de côté a été fait de béton. — Une voûte de béton n'exige pas de contreforts — murs contreboutants —..... En premier lieu on a fait un mortier de provision de 1 partie de chaux grasse éteinte et de 2 parties de sable. Ensuite on a gâché dans une caisse à part 1 partie de ciment auquel on a ajouté deux parties de mortier de provision. Plus tard on a ajouté 3 parties du même mortier de provision à 1 partie de ciment, voyant qu'il durcissait néanmoins assez vite..... Les cintres étant posé et couverts de planches, l'on a confectionné la voûte d'un béton comme suit : Le mortier de provision a été composé de moitié chaux grasse et moitié sable. Ensuite l'on a mélangé une portion de ciment mesuré en poudre et gâché avec une même portion de mortier de provision. A ces deux portions on a ajouté à plusieurs reprises deux égales portions soit la même quantité de pierres concassées en les travaillant avec le mortier.

L'épaisseur de la voûte a été faite de 12 pouces (30 *cm*) au milieu, soit à la clef, et en proportion plus forte contre les deux côtes. Aux deux bouts de la voûte on a élevé et cloué des planches de hauteur requise pour retenir le béton. Ensuite on a fait des compartiments d'environ un pied (30 *cm*) d'épaisseur et de la longueur du pont, soit de 24 pieds (7,20 *m*) en dressant une planche de cette longueur à la distance d'environ un pied en avant et l'on a rempli l'intervalle de béton. A mesure que l'on a mis le béton dans l'intervalle, un ouvrier l'a massivé avec un pilon de fonte de la pesanteur d'environ 10 livres (5 *kg*). Pour donner le temps au béton de prendre consistance l'on a confectionnné de la même manière un compartiment de même longueur et épaisseur de l'autre côté des cintres. Ce compartiment étant achevé on a ôté la planche de celui du côté opposé où le béton avait déjà assez de consistance pour se tenir et on a fait un nouveau. L'on a ensuite continué ainsi jusqu'au compartiment de clôture formant la clef de la voûte.......
... La voûte de béton a été achevée vers le milieu de juillet, mais on a laissé les cintres, dont on n'avait pas besoin, pendant presque 3 mois.... L'on n'a point remarqué d'affaissement de la voûte, puisqu'en ôtant les cintres on a trouvé entre les planches et le dessous de la voûte un espace vuide de 1/2 à 1 pouce (15-30 *mm*) pour quel vuide les cintres se

seraient rétrécis pendant les chaleurs, le fond de mortier à ciment n'ayant point eu d'enfoncement nulle part. Ce fond de mortier est au contraire resté très unis et très dur....... Pendant les vendanges de l'année passée beaucoup de chars chargés de moust — estimé de 110 à 120 quintaux (5 500-6 000 *kg*) — ont passé le pont sans que l'on ait remarqué la moindre détérioration, aussi peu que depuis lors jusqu'à présent 18 avril 1841, où il a été examiné par des experts bien attentivement. » *Chs. Herosé.*

Emploi du pétrole contre les incrustations des chaudières. — Au chemin de fer de l'État prussien, on a essayé depuis plusieurs années le pétrole pour enlever les dépôts dans les chaudières des locomotives et machines fixes. Les essais faits ont été si satisfaisants que le pétrole est employé couramment aujourd'hui dans tous les cas où les incrustations ne sont pas trop dures ou trop imperméables. On lave la chaudière et lorsqu'elle est complètement sèche, on applique le pétrole sur les surfaces intérieures à la brosse ou bien on l'injecte avec une pompe. On peut opérer autrement, dit le *Journal of the Society of Chemical Industry*, en mettant le pétrole dans la chaudière lorsque celle-ci est encore pleine. Si on fait la vidange, le pétrole qui surnage couvre uniformément les surfaces à mesure que l'eau les quitte et on arrive au même résultat. Les dépôts s'imbibent de pétrole et finissent par se réduire en poudre.

D'après une communication de M. William Dobb à la Société technique de la côte du Pacifique, l'huile de houille peut être employée avantageusement pour le même objet.

On lave la chaudière, et lorsqu'on la remplit, on ajoute deux quarts d'huile lourde provenant de la distillation du goudron de houille. L'huile le meilleur marché est la meilleure. On peut aussi en introduire périodiquement une très petite partie avec l'injecteur. L'effet n'est pas d'empêcher les dépôts de se produire, mais de les obliger à se déposer sous forme de poudre facile à enlever.

Assainissement de la ville de Juiz de Fora. — La Société a reçu de la municipalité de Juiz de Fora, Etat de Minas-Geraes, au Brésil, par l'intermédiaire de M. G. Howyan, Ingénieur-directeur des travaux municipaux de cette ville et de notre collègue M. A. Thiré, une note très intéressante sur l'assainissement et l'agrandissement de la ville de Juiz de Fora.

Cette ville, la plus commerçante et la plus industrielle de l'Etat de Minas-Geraes, est située sur un plateau étendu à l'altitude de 690 *m*; elle compte 12 000 habitants et sa population tend à croître rapidement. La situation est très salubre, mais l'absence à peu près totale de précautions sanitaires et de moyens d'évacuation des eaux pluviales et des résidus produit des causes d'insalubrité qu'il est urgent de faire disparaître. L'eau ne manque pas, mais elle n'est pas distribuée d'une manière convenable, et ne peut, dès lors, être bien utilisée.

M. Rowyan a étudié un plan complet d'assainissement qu'il a proposé à la municipalité et qui fait l'objet du travail qu'il a envoyé à notre Société. Cette opération comprend :

L'amélioration de la distribution d'eau; l'enlèvement des vidanges; celle des eaux, boues et balayures, le desséchement des marais et les questions relatives à l'hygiène publique. Chacun de ces points est étudié en détail avec les calculs et bases d'établissement à l'appui.

L'auteur propose pour l'évacuation des vidanges le système des chasses que les conditions locales permettent d'établir avantageusement et, comme la rivière n'a pas toujours assez d'eau pour diluer convenablement les produits, les eaux d'égout seront conduites à distance pour être utilisées par l'irrigation; la culture, très étendue aux environs de Juiz de Fora, trouvera facilement l'emploi de ces eaux; on pourra aussi employer le système de filtrage ou épuration par le sol pour lequel il est facile de trouver à peu de distance de la ville des emplacements très étendus.

Le desséchement des marais sera effectué par la création d'un canal ou fossé de ceinture isolant le terrain à dessécher et d'un réseau intérieur de petits bassins à l'aide desquels on effectuera le colmatage. Cette partie est traitée en détail et contient d'intéressantes observations relatives au jaugeage du volume d'eau débité par le Rio Parahybana.

La question de l'assainissement des édifices publics et privés est longuement traitée; elle a une importance capitale dans des pays comme ceux dont il s'agit, où il y a, sauf quelques exceptions, à peu près tout à créer.

Le programme de l'auteur a été adopté par la municipalité et on va procéder à l'exécution des travaux les plus pressés, dont le montant est évalué à 1 960 contos de reis, soit 5 550 000 francs environ.

Bateaux amphibies. — On trouve rapporté dans les histoires de la machine à vapeur que Olivier Evans a construit, dans les premières années du siècle, une singulière machine à laquelle, pensant qu'il fallait des désignations nouvelles à des choses nouvelles, il avait donné le nom non moins singulier d'*Orukter Amphibolos*. C'était une drague à vapeur qui pouvait se mouvoir à l'aide de son moteur sur la terre et sur l'eau.

Il parait qu'on fait aujourd'hui en Amérique des appareils qui remplissent au moins les deux dernières fonctions. On les appelle *steam warping tugs*, ce qui se traduirait par toueurs remorqueurs à vapeur, et ils tendent à devenir d'un usage général dans les districts forestiers du nord de l'Ontario au Canada. On s'en sert pour l'exploitation des bois dans des contrées où de petits lacs sont reliés par des cours d'eau d une navigation difficile.

La coque est en bois, elle a 12 *m* environ de longueur sur 3,05 *m* de large, elle est pontée et contient à l'avant un logement pour quatre hommes. L'avant et le fond sont couverts de tôle d'acier, et ce dernier porte des patins d'acier pour la marche sur terre. Une machine à vapeur de 22 chevaux sert à la propulsion; elle brûle trois quarts de corde de bois sec dans une journée de 10 heures. Sur l'eau, le bateau est propulsé par deux roues à aubes latérales; sur terre il se toue sur un câble d'acier de 1 000 mètres de longueur dont on attache l'extrémité à un arbre ou à un point fixe quelconque. La chaudière est portée sur articulations de manière à rester de niveau malgré les inclinai-

sons que peut prendre le bateau lorsqu'il gravit ou descend une colline; il peut remonter des pentes de 1 sur 3; sur l'eau il tire seulement 0,70 *m*.

Achèvement du canal de Panama. — Notre collègue, M. de Coëne, donne, dans le *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, une étude pour l'achèvement du canal de Panama où nous trouvons d'intéressantes considérations sur l'utilisation du Chagres, le plus grand ennemi du Panama, qu'on doit faire travailler, d'après l'auteur, à la réalisation de cet ouvrage colossal.

M. de Coëne est d'avis que les progrès réalisés par l'utilisation des chutes d'eau, le transport des forces à distance par l'électricité, les machines de terrassement de toute nature, les explosifs nouveaux, toutes ces applications réunies offrent des moyens connus qui permettent d'effectuer les terrassements à un prix peu élevé et de substituer aux anciennes écluses des élévateurs ou des plans inclinés sur lesquels il est possible de faire franchir aux navires les biefs du canal à point de partage, tel qu'il est adopté aujourd'hui. Grâce au transport de la force par l'électricité, on peut, avec des moyens mécaniques très puissants. et d'une application facile, arriver à opérer l'ascension des navires dans des caisses d'eau et à les transporter d'un bief à l'autre en se servant de l'eau du Chagres utilisée comme puissance hydraulique. L'auteur rappelle que, si les grands tunnels alpins ont pu être percés, c'est par l'emploi des forces naturelles qui ont servi à substituer à la main-d'œuvre les moyens de mener à bien l'opération dans un délai raisonnable.

D'après les renseignements officiels, on peut compter sur 12 000 chevaux, lesquels permettront, outre l'ascension des plans inclinés substitués aux écluses, l'éclairage du canal, la traction mécanique et le halage des navires à voiles dans le canal.

Des plans inclinés à 1/5 de pente, comme le slip Labat qui fonctionne à Rouen pour la mise à sec des navires, permettraient de racheter une différence de niveau de 30 *m* sur 150 *m* de développement et un appareil de ce genre, pour des navires de 150 *m* de longueur, ne coûterait pas plus de 6 750 000 francs au lieu des 100 millions prévus pour les écluses de 30 *m* de Panama.

Ces plans inclinés auraient encore sur les écluses l'avantage de consommer bien moins d'eau pour le même travail.

M. de Coëne évalue à 600 millions la somme nécessaire à l'exécution des travaux, somme qui serait divisée en actions et obligations; l'exécution du travail étant d'un intérêt genéral, le paiement des intérêts pendant la construction serait supporté par les Etats intéressés. Cette intervention de leur part n'a rien d'excessif, il ya un précédent dans l'opération de la rectification de l'embouchure du Danube.

L'auteur termine en recommandant que, pour ne pas retomber dans les errements précédents qui ont causé tant de mal, on ne commence aucun travail définitif avant d'avoir procédé à un examen très sévère de la situation et à une étude très complète de la nature du terrain et des ressources du pays. Cette enquête préliminaire est indispensable si on veut faire quelque chose de sérieux.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1893.

Paroles prononcées sur la tombe de M. E. de Beaucé, inspecteur général honoraire des ponts et chaussées, par M. E. Potel, inspecteur général des ponts et chaussées.

De l'influence sur la flexion des poutres de la position superficielle de la charge, par M. A. Flamant, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

On suppose, en général, dans l'étude de la flexion des poutres horizontales sous des charges verticales, que ces charges sont situées sur la fibre moyenne de la pièce fléchie. Cette hypothèse conduit à une approximation suffisante lorsque les dimensions transversales des pièces sont faibles par rapport à leur longueur.

La note a pour objet de rechercher quelle est la valeur de l'erreur qu'on commet en procédant de cette manière. Les résultats de ces recherches s'accordent très exactement avec celui d'observations faites par M. Carus Wilson, professeur à l'Université de Montréal.

On peut conclure, d'une manière générale, que lorsqu'une poutre rectangulaire, posée sur deux appuis de niveau, porte une charge unique placée sur sa surface supérieure :

1° La fibre neutre, ou celle qui ne subit aucun effort d'extension ni de compression, se trouve placée, non pas exactement au milieu de la hauteur, mais un peu plus haut ;

2° Les efforts d'extension et de compression normaux à chacune des sections transversales sont, en général, un peu moindres que ne l'indique la théorie ordinaire de la flexion. Il n'y a d'exception que pour les points situés vers le milieu de la hauteur de la poutre et peut-être aussi pour ceux qui se trouvent placés aux environs d'une ligne droite partant du point d'application de la charge et faisant un angle de 30° au-dessous de l'horizontale. Dans ces deux régions, et surtout vers le milieu de la longueur de la poutre, les efforts réels peuvent dépasser légèrement ceux qu'indique la théorie ordinaire.

Les expériences de M. Carus Wilson ont été faites sur des barreaux de verre recuit et l'appréciation des efforts dans la masse était faite par la méthode optique basée sur l'emploi de faisceaux lumineux polarisés dans des plans respectivement parallèle et perpendiculaire à la direction de l'effort ; ces deux faisceaux sont retardés dans le cas d'une compres-

sion et accélérés dans le cas d'une tension ; les retards et les accélérations étant sensiblement proportionnels aux efforts.

Notice sur le **pont levant de Larrey,** par M. Galliot, Ingénieur des ponts et chaussées.

Le pont de Larrey est situé sur le canal de Bourgogne, au milieu du faubourg le plus commerçant et le plus industriel de Dijon. Il date du commencement du siècle et gênait beaucoup la navigation à cause de la faible hauteur libre laissée par la voûte au-dessus du plan d'eau.

On a fait depuis 1865 un grand nombre de projets pour améliorer cet état de choses. Enfin, on décida de faire un pont levant qui a été exécuté et dont la description fait l'objet de cette note.

Le pont, qui laisse entre culées une ouverture de 9,80 *m*, se compose de trois poutres métalliques portant un tablier de 6,10 *m* de largeur entre garde-corps comprenant une double voie charretière et deux trottoirs. Ce tablier est soulevé par quatre presses hydrauliques placées chacune à un des angles du rectangle formé par le tablier. Celui-ci pesant 28 000 *kg*, chaque presse a à porter 7 000 *kg*. L'action des presses est égalisée par un système de crémaillères et de pignons accolés aux presses, les pignons étant reliés par des arbres de commande, de sorte que la manœuvre peut encore avoir lieu si une des presses vient à manquer. Chaque piston de presse a 120 *mm* de diamètre ; le liquide employé est de la glycérine ; il est refoulé par une pompe de compression mue à bras dans un accumulateur chargé de poids ; la pression est d'environ 60 *kg* par centimètre carré.

La manœuvre est très rapide grâce à l'accumulateur, le mouvement de levée ou d'abaissement ne dure pas plus de vingt secondes et l'interruption de la circulation des voitures ne dépasse pas une minute. La circulation des piétons n'est jamais interrompue, parce que des escaliers pratiqués aux extrémités du pont sur les culées permettent d'atteindre le niveau supérieur du tablier lorsque celui-ci est levé. La hauteur d'élévation est de 1,30 *m* seulement.

Les travaux ont été commencés le 1er août 1890, et la circulation des voitures a pu être rétablie le 9 octobre. La dépense totale s'est élevée à 67 876 *f*, dont 32 000 *f* pour le pont et ses accessoires, 22 300 *f* pour les mécanismes et le solde pour le bâtiment du compresseur.

Note sur la multiplication, par M. Ed. Collignon, inspecteur général des ponts et chaussées.

Il s'agit d'un procédé expéditif pour faire les multiplications, communiqué par M. le lieutenant-colonel Allan Cunningham, analogue à celui qui a été donné par M. Collignon dans les *Annales* d'avril 1893, mais qui paraît d'une application plus rapide. Cette méthode repose sur l'emploi des chiffres négatifs et la substitution aux gros chiffres de leur différence avec 10.

ANNALES DES MINES

8e livraison de 1893.

Utilité des chemins de fer d'intérêt local. — Tarifs. — Formule d'exploitation. — Examen des observations formulées par M. Colson, par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

M. Colson, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, maitre des requêtes au Conseil d'Etat, a fait paraître dans les *Annales des Mines* en 1892 (Voir comptes rendus de novembre 1892, p. 1027), une critique d'un premier travail de M. Considère sur la même question.

Tout en approuvant le type de formule proposé par ce dernier pour déterminer les sommes à allouer aux concessionnaires des chemins de fer d'intérêt local pour couvrir les dépenses d'exploitation, M. Colson n'approuvait pas les considérations développées pour justifier la formule. Il critiquait notamment les conclusions de M. Considère sur l'utilité totale d'une ligne et la répartition entre les divers intéressés des avantages qu'elle procure et voyait un danger grave pour les finances publiques dans les conséquences que pourraient amener ces idées pour la construction de lignes nouvelles et l'abaissement des tarifs sur les lignes existantes. M. Colson concluait qu'il était bien difficile d'admettre que les divers avantages trouvés par M. Considère atteignissent, en moyenne, les chiffres élevés indiqués par ce dernier.

Le nouveau travail de M. Considère a pour objet de réfuter les critiques de son contradicteur, non par des arguments abstraits, mais par de nouvelles études statistiques faites sur sept nouvelles lignes dont cinq embranchements du P.-L.-M. et deux lignes exploitées comme chemins de fer d'intéret local. Le résultat de ces recherches confirme les conclusions émises par l'auteur dans son précédent mémoire relativement à l'influence des petites lignes quant aux recettes des grands réseaux.

Prenant ensuite la question d'une manière plus générale, le mémoire développe des considérations très intéressantes déjà abordées, mais moins complètement, dans le précédent travail de l'auteur, sur l'établissement des chemins de fer, les conséquences qui en résultent au point de vue de l'accroissement de la richesse publique, etc., et l'utilité de ces lignes. L'auteur ne pense pas que la crainte de l'exagération ou même de l'abus qu'on peut commettre dans la construction des chemins de fer, laquelle paraît avoir été le point de départ des critiques de M. Colson, puisse changer les conclusions du précédent mémoire dont ses nouvelles études lui ont confirmé l'exactitude.

Il ne voit pas davantage l'utilité des simplifications proposées par M. Colson dans la formule d'exploitation, simplifications apparentes qui ont l'inconvénient de sacrifier des avantages réels à des considérations d'importance très secondaire.

Minerais de manganèse analysés au bureau d'essai de l'École des mines de 1843 à 1893 par M. Ad. Carnot, Ingénieur en chef des mines, Directeur du bureau d'essai.

L'importance des minerais de manganèse, employés dans la métallurgie, les industries chimiques et la verrerie justifie cette publication qui comprend les analyses de 207 minerais dont 145 d'origine française et 62 de provenance étrangère. Ces derniers viennent pour la plupart d'Espagne, quelques-uns de Turquie.

Exploitation de l'anthracite en Pensylvanie, d'après le rapport officiel américain, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur des mines.

L'anthracite a commencé à être exploité en Pensylvanie en 1820 ; en 1825, la production était déjà de 35000 *t*. Cinquante ans après, en 1875, elle était de 20 millions de tonnes pour dépasser le double, c'est-à-dire 40 en 1892.

On admettait en 1820 que la richesse totale des gisements pouvait être de 19 milliards de tonnes ; on en avait extrait en 1892 900 millions; on peut donc, en présence de l'accroissement très rapide de la consommation d'année en année, se préoccuper de la question de l'épuisement de ces gisements. Aussi, une question tout à fait à l'ordre du jour est-elle celle de l'utilisation des déchets qui représentent une quantité très importante, 17 p. 100 de l'extraction totale pour ceux provenant de l'exploitation, sans compter ceux qui proviennent de la préparation, du transport et de l'emploi. La note énumère quelques-uns des moyens qu'on emploie pour utiliser les déchets d'anthracite soit comme combustible, soit pour d'autres applications parmi lesquelles on peut citer la peinture.

9e livraison de 1893.

Note sur l'explosion de grisou survenue au puits de la Manufacture (Loire) le 6 décembre 1891.

Cette explosion n'a pas fait moins de 72 victimes dont 62 morts et 10 blessés. L'enquête permet de l'attribuer à l'arrêt du ventilateur dans la matinée du 6 décembre. Cet arrêt a eu pour effet de permettre l'invasion des gaz combustibles existant dans les vides des vieux travaux et la remise en marche du ventilateur a opéré une rencontre entre ces gaz et le courant d'air envoyé par lui ; il y a eu mélange et inflammation de ce mélange par le contact d'un feu placé derrière les barrages non étanches d'un plan incliné.

Cette catastrophe montre l'intérêt qu'il y a à isoler avec soin les travaux d'exploitation des vieux travaux, à ne pas compter sur l'étanchéité des barrages et à organiser l'aérage d'une mine de manière à éviter les changements de sens du courant qui peuvent constituer une cause grave de danger.

Procédés d'essai des matériaux hydrauliques, par M. H. Le Chatelier, Ingénieur en chef des mines.

Toutes les expériences que l'on peut faire sur les matériaux hydrau-

liques ne sont pas des essais. Ces expériences peuvent se ranger dans trois catégories : les recherches scientifiques et pratiques, les essais de réception proprement dits et les expériences d'identification. La présente note ne s'occupe que des méthodes d'essai proprement dites qui forment la seconde catégorie, mais auparavant elle reprend d'une manière générale l'examen des diverses questions relatives aux produits hydrauliques, telles que leur constitution chimique, leur classification, les agents qui tendent à les désagréger, etc.

L'auteur s'occupe ensuite des essais recommandés par la Commission d'unification des matériaux et les examine en détail en donnant son appréciation sur la valeur de chacun, appréciation qui, par parenthèse, n'est pas toujours favorable. Il n'y a, d'ailleurs, qu'une partie de cet important travail donnée dans cette livraison des *Annales des Mines*.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-EST

Réunion des 11 et 12 juin 1893, à Vals, Prades et Le Teil.

Cette réunion a eu pour objet la visite des eaux de Vals, des volcans de Jaujac et de Neyrac et des coulées de basalte, de la verrerie de Labégude, puis des carrières et usines de la Société Pavin de Lafarge au Teil.

On ne compte pas à Vals moins de 112 sources toutes autorisées par l'État et qui se rangent dans quatre groupes : eaux à minéralisation : 1° forte ; 2° moyenne ; 3° faible et 4° eaux arsenicales ferrugineuses. Il y a deux établissements où est appliquée l'hydrothérapie, dont le plus important est le grand établissement thermal de la Société des Eaux minérales de Vals complété, il y a quelques années, par un Institut hydrothérapique. Tous les ans, plus de 3500 malades ou buveurs viennent à Vals et plus de 5 400 000 bouteilles sont exportées par année. Le grand établissement en expédie à lui seul 3 millions dont 1 million 1/2 de la source Saint-Jean.

Aussi n'est-il pas étonnant qu'il y ait à proximité une verrerie, celle de Labégude où se trouve un four à marche continue, sans renversement de gaz et d'air et à récupération inventé par le directeur, M. Vialatoux.

Ce four consomme 11 à 12 *t* de combustible par jour, soit 55 *kg* par cent bouteilles et produit, à l'aide de trois équipes travaillant chacune huit heures, 18 000 à 20 000 bouteilles destinées aux eaux de Vals. La production annuelle est de 4 millions de bouteilles. La couleur foncée de ces bouteilles est obtenue par une certaine proportion de basalte mêlée au sable.

L'usine de Lafarge, au Teil, a été créée en 1830; d'autres usines lui furent adjointes successivement et la production de chaux atteint aujourd'hui 300 000 *t* et celle du ciment 36 000 *t* par an. Les carrières sont ouvertes sur 110 *m* de hauteur et 600 *m* de long. L'abattage se fait, soit à la manière ordinaire avec la mine Courbebaisse à l'acide libre ou avec syphon, soit par l'abattage extraordinaire au moyen de grosses mines chargées de 10 000 à 12 000 *kg* de poudre; le prix de revient, dans ce dernier cas, peut descendre à 0,15 *f* par mètre cube.

Les blocs abattus sont ensuite cassés en fragments et amenés au four dans des wagonnets. Il y a 100 fours coulants de 12 *m* de hauteur et 75 m^3 de capacité; chacun produit 17 *t* de chaux par jour. La chaux est ensuite éteinte par aspersion avec relèvement à la pelle, puis blutée et mise en sacs plombés de 50 *kg*.

Le ciment est tiré du grappier, partie de la chaux hydraulique trop siliceuse pour s'éteindre dans l'eau. Ce grappier est éteint à l'air libre, broyé, bluté et mis en sac.

Les membres de la réunion ont assisté à l'explosion de mines qui ont donné un abattage de 20 000 m^3 pour 2 250 *kg* de poudre répartie en 13 fourneaux.

Congrès de Saône-et-Loire.

Tenu du 26 juin au 1er juillet.

Ce Congrès comprend des visites d'usines et d'établissements et des conférences. Nous indiquerons seulement les plus importantes et les objets les plus intéressants.

La visite des chantiers du Petit-Creusot de la Société Schneider et Cie à Chalon a fait voir un atelier nouvellement et richement outillé, surtout en instruments légers et rapides qui tendent à se substituer dans une large mesure aux puissants outils fixes employés précédemment. On a pu voir en construction les poutres du pont de la Borcea (Roumanie), qui pèsera 3 500 *t* et comprend 3 travées de 140 *m*, la hauteur sera de 32 *m* au-dessus des piles. On peut citer encore une machine à dresser les tôles à cinq cylindres de 1,70 *m* de longueur de table, montée sur bâtis en tôle et cornières.

On a visité ensuite les ateliers de M. G. Pinette, à Chalon. Les appareils en construction qui ont été le plus remarqués sont des pompes souterraines à grande vitesse, des treuils, des appareils broyeurs et classeurs pour minerais et charbons, un ventilateur Ser de 2,80 *m* de diamètre actionné directement par deux machines horizontales, un nouveau ventilateur, système Geneste et Herscher, etc. On peut signaler l'emploi pour garniture intérieure de pistons plongeurs un système dû à M. B. Eckley Coxe, Ingénieur américain, dans lequel un mélange de suif, de cire vierge et de plombagine est amené sous pression dans des gorges annulaires pratiquées dans un manchon traversé par le plongeur ou une tige de piston. Cette matière est refoulée par un piston pressé par l'eau sous pression. Des pompes munies de cette disposition, qui remplace un presse-étoupe, fonctionnent sous des charges de 190 et 275 *m*.

Aux ateliers Galland, également à Chalon, on a pu voir des appareils divers tels que treuils et pompes à air comprimé ou à vapeur, ventilateurs et compresseurs d'air. Parmi ces derniers on peut citer des compresseurs étagés, à grande vitesse, à soupapes multiples et à injection d'eau par pompe indépendante, donnant un rendement mécanique garanti de 9 *kg* d'air comprimé à 6 *kg* par force de cheval-heure, un rendement en air aspiré de 90 à 95 0/0 et un échauffement total de 20°. Ces chiffres éloquents semblent indiquer qu'il ne reste que peu de place aux futurs perfectionnements à apporter à ces appareils.

Les conférences ont été au nombre de deux : l'une sur le « Pont sur la Manche », par M. Pradel, Ingénieur de la Société du Creusot, sur laquelle nous n'avons pas besoin d'insister, ce sujet ayant été traité par le même orateur devant notre Société, l'autre par notre collègue M. Herscher, sur le « Nouveau ventilateur Geneste Herscher ».

Cet appareil appartient à la catégorie des ventilateurs déprimogènes, de volume comparativement réduit; on a cherché dans sa construction à réaliser deux avantages : la réduction de vitesse et l'extension de l'action efficace entre des limites d'orifices équivalents très écartées. Dans le but de faciliter la pénétration de l'air dans les ouïes et la circulation dans les canaux formés par les ailettes, on fait enrouler le premier élément de l'ailette sur un cône; celle-ci s'enroule ensuite sur un cylindre et enfin s'évase légèrement vers son extrémité. On arrive, par cette construction, à avoir, dans le collecteur, des vitesses d'écoulement très régulières et à réduire au minimum les frottements de l'air, tant à cause des grands rayons de courbures que par la réduction des surfaces de contact au strict nécessaire.

Des expériences précises sur un appareil de 1 *m* de diamètre ont fait constater avec un orifice équivalent de 1/2 m^2, et un rapport manométrique de 1,10, un débit par seconde de 11 m^3 et un rendement en travail de 0,78.

Le 27 juin a eu lieu la visite de la verrerie de Blanzy et celle des établissements de la Compagnie des mines de Blanzy.

Cette dernière a extrait, en 1891-92, 1 220 000 *t* de charbon contre 225 000 en 1856 et emploie 7 500 ouvriers. Il nous serait difficile de donner autre chose qu'une simple nomenclature des principales parties qui ont fait l'objet de sa visite, savoir : l'usine à gaz. le moulin et la boulangerie, ces derniers peuvent fournir 150 000 à 175 000 *kg* de farine et 75 000 *kg* de pain par mois; les mines proprement dites où on a visité les exploitations des puits Jules Chagot et Saint-François, l'hôpital, les écoles, le puits Montmaillet, le trainage mécaniqne du puits Saint-Louis, etc.

Un certain nombre de membres ont visité le même jour la tuilerie de Montchanin, qui occupe 450 ouvriers et livre actuellement 35 000 *t* de produits fabriqués. Il y a huit grands fours contigus de 40 à 45 *m* de longueur qui brûlent par an près de 10 000 *t* de combustible, l'installation mécanique est des plus remarquables; on y trouve un atelier de construction, une fonderie, etc., et une ferme modèle dont les animaux de trait, lorsqu'ils ne sont pas utilisés aux travaux agricoles, font le transport de terre pour l'usine.

Le 29 juin, le Congrès visita les usines de MM. Schneider et Cie au Creusot. La simple mention des objets qui ont le plus attiré l'attention nous mènerait trop loin. Nous nous contenterons de citer, parmi les principaux, la forge avec ses pilons de 20,40 et 100 *t*, sa presse de 6 000 *t*, et son train réversible pour laminage des blindages et grosses tôles, l'atelier d'ajustage des plaques de cuirasse, nouvellement transformé et muni d'un outillage des plus puissants et des plus perfectionnés, l'atelier d'artillerie, l'atelier de construction des dynamos avec le laboratoire d'expérience et de mesure, le polygone de la Villedieu pour l'essai des pièces d'artillerie et des plaques de blindage, les ateliers de construction, montage, chaudronnerie, fonderie, etc, les aciéries et les puits Saint-Pierre et Saint-Paul.

Le 30 juin, eut lieu la visite du bassin d'Autun qui a débuté par celle de la mine de boghead des Telots. Dans cette mine, la couche de matières utiles est de 0,60 *m*. On exploite par coups de mine en couronne à l'aide de poudre comprimée. La production est de 8 500 *t* de boghead et 30 000 *t* de schiste. L'épuisement est très important ; on enlève 2 000 à 4 000 m^3 par vingt-quatre heures avec des pompes mues par des machines à rotation qui donnent respectivement 50 à 100 m^3 à l'heure à 70 *m* de hauteur.

Pour employer cette eau à l'alimentation des chaudières on est obligé de l'épurer avec de la chaux et du carbonate de soude et de la filtrer. On use 2 *kg* de carbonate de soude et 6 *kg*, de chaux pour 40 m^3 d'eau. On réduit par cette opération le degré hydrotimétrique de 20,5 à 6,5.

Le boghead est vendu aux usines à gaz et le schiste est distillé. Cette distillation se fait sans combustible étranger, dans des cornues en fonte de 3,20 *m* de hauteur, 1,55 sur 0,45 *m* de largeur. La charge se fait toutes les vingt-quatre heures au moyen de wagonnets. Une fois le schiste distillé, on vide la cornue par le bas et les résidus tombent dans le four qui est en dessous, et où ils continuent à brûler en fournissant la chaleur nécessaire pour le chauffage des cornues. Les gaz et vapeurs provenant de la distillation passent dans des condenseurs où sont séparés l'huile et les eaux ammoniacales. Les gaz permanents sont envoyés dans les foyers des chaudières à vapeur. L'usine des Telots possède 64 cornues.

On visita ensuite l'usine de Ravelon où se distille également le schiste et l'usine d'épuration de la Société Lyonnaise à Saint-Léger-Sully, où se traitent les huiles brutes provenant des diverses usines de la région. Les opérations se composent de distillations et de traitements à l'acide sulfurique et à la soude ; on obtient des huiles lourdes, des huiles lampantes et des goudrons.

Les membres du Congrès ont fait ensuite la visite des mines d'Épinac. On a vu avec intérêt le puits Hottinguer, où ont été installés les machines et le tube atmosphérique de Z. Blanchet, qui ont fonctionné pendant longtemps avec succès ; puis le puits de la Garenne, siège principal d'extraction de la Compagnie, avec ses ateliers de lavage et de criblage qui produisent 107 000 *t* de charbon par an, avec une depense de 0,55 *f* par tonne. On peut signaler la fabrication des cadres en fer pour les galeries de mines, lesquelles en emploient déjà 11 000 ; ces cadres en vieux rails, coûtent 25 *f* pièce, pose comprise.

Le 1er juillet, le Congrès s'est rendu aux mines de Decize, appartenant à MM. Schneider et Cie, où l'on a visité l'atelier central de préparation mécanique, l'établisssement central de La Machine; la station d'électricité, les compresseurs, un ventilateur Ser de 1,40 *m* de diamètre actionné par une dynamo reliée à la station centrale à 3 *km* par trois fils de cuivre de 6 *mm* de diamètre. Pour terminer, le Congrès a entendu des explications sur une prise d'eau établie en 1876 pour amener à La Machine à 6 *km* de distance et 100 *m* de différence de hauteur, de l'eau filtrée prise dans le lit de l'Aron, à son confluent avec la Loire.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de juin 1893

Recherches organisées par la Société Industrielle sur la **ventilation et l'humidification des salles de filtrage et de tissage.** — Rapport sur la ventilation d'une salle de tissage de la Société cotonnière Mulhousienne, ci-devant Schlumberger et Cie, à Mulhouse.

Cette salle est un rez-de-chaussée à Shed, de $76 \times 43{,}50 = 3\,306$ m^2, contenant 720 métiers à tisser, desservis par 355 hommes et femmes; la hauteur est de 3,22 *m*, de sorte que le cube ressort à 12 600 m^3. Un ventilateur soufflant prend l'air à l'extérieur et le refoule dans un souterrain où sont empilées des briques arrosées par de l'eau. Une canalisation en bois et tôle plombée distribue l'air dans la salle. Les briques qui servent à l'empilage sont creuses; on les dispose de manière à obtenir la plus grande surface. On a obtenu ainsi, avec 29 070 briques, 3 760 m^2, soit 335 m^2 par 1 000 m^3 de capacité de salle.

L'eau employée pour l'arrosage est, soit de l'eau de puits, soit de l'eau de condensation, soit un mélange des deux. Seulement, avec l'eau de condensation, on doit avoir soin de séparer les matières grasses par une décantation. Le ventilateur est du système Ser; il a 0,800 *m* de diamètre et peut tourner à 500 ou à 950 tours.

Les essais thermométriques et hygrométriques faits sur cette installation, terminée en mai 1891, ont fait constater les résultats suivants :

1° Augmentation de l'humidité de l'air de la salle en hiver;

2° Augmentation de l'humidité et diminution de la température en été ;

3° Plus grande régularité de la température et de l'humidité de la salle qui est moins sujette à suivre les changements brusques de l'atmosphère.

Rapport de M. Th. Baumann sur un **nouveau gris direct** de M. M. Petzold.

Note sur les **formamides de l'alizarine**, par MM. M. Prud'homme et C. Rabout.

Rapport sur les **titres de M. Gide à l'obtention du prix VII** de la section d'agriculture, par M. Ch. Zundel.

Note sur les **quinones-oximes** ou couleurs à vapeur, par M. Prud'homme.

Bulletin de juillet 1893

Relevé des **Observations météorologiques** faites à la Société Industrielle de Mulhouse, pendant l'année 1892, par M. A. Sack.

Ce résumé contient une description de l'observatoire Hirn établi à Mulhouse avec les instruments qui composaient l'observatoire de G.-A. Hirn, fondé avec le concours du service météorologique de France. Ces instruments avaient été, après la mort du regretté savant colmarien, achetés par la Société Industrielle et une somme de 2 000 *f*, reliquat de la souscription pour la médaille Hirn, a servi à l'établissement de l'observatoire installé au square du Nouveau-Quartier. Les appareils, qui ont été d'ailleurs complétés, sont actionnés par des accumulateurs chargés périodiquement (une fois toutes les semaines) au moyen du courant fourni par la station centrale de Mulhouse.

Affaiblissement des tissus de coton par les mordants de fer destinés à la teinture, par M. A. Scheurer.

Affaiblissement de la fibre de coton par l'acide tartrique, par M. A. Scheurer.

Rapport sur les **travaux de M. L. Schœnhaupt** présenté au nom du comité d'histoire, de statistique et de géographie, par M. Aug. Thierry-Mieg.

Ces travaux sont relatifs à l'histoire de l'Alsace et en particulier de la ville de Mulhouse ; on peut citer parmi ces derniers la publication, en quatre-vingts planches, terminée en 1892, de toutes les curiosités intérieures et extérieures du vieil Hôtel de Ville de Mulhouse. Un ouvrage très intéressant également est le recueil des armoiries des communes d'Alsace, encore inédit actuellement.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 39. — *30 septembre 1893.*

Gazomètre à guidage tangentiel, par P. Pfeifer *(fin)*.
Emploi du métal fondu dans les constructions.

Transporteurs à chaînes et toiles sans fin aux États-Unis, par M. Westmann.

La métallurgie américaine à l'Exposition de Chicago, par E. F. Dürre *(suite)*.

Groupe de Hanovre. — Les compteurs d'eau et leurs divers systèmes.

Groupe du Rhin inférieur. — Transport électrique de la force.

Bibliographie. — Fabrication de mesures et calibres pour la construction des machines, par K. Specht.

Variétés. — Construction navale en Allemagne. — Emploi du pétrole pour le nettoyage des chaudières.

Correspondance. — Condensation par surface.

N° 40. — *7 Octobre 1893.*

Les paquebots à deux hélices de la Compagnie Cunard *Campania* et *Lucania*, par Görris et Riess.

Matériel de transport à l'Exposition de Chicago, par Kollmann *(suite)*.

Les machines à gaz et petits moteurs à l'Exposition de Chicago, par Fr. Freytag.

Nouvelles expériences sur les machines frigorifiques, par R. Schöttler *(suite)*.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite)*.

Question des inconvénients de la fumée, par C. Bach et Th. Peters.

Nouveautés dans les machines-outils pour le travail des métaux, par par H. Fischer.

Moteurs électriques pour bateaux, par Lechener.

Bibliographie. — Définitions et bases de la théorie de l'équilibre des corps flottants, par V. Lutschannig.

Variétés. — Les machines à vapeur allemandes à l'Exposition de Chicago, par Th. Voss. — Emploi des moteurs à gaz pour tramways.

N° 41. — *14 Octobre 1893.*

Les machines-outils à l'Exposition de Chicago, par W. Hartmann.

Les paqubots à deux hélices de la Compagnie Cunard *Campania* et *Lucania*, par Görris et Riess *(suite)*.

Matériel de transport à l'Exposition de Chicago, par Kollmann *(suite)*.

Nouvelles expériences sur les machines frigorifiques, par R. Schöttler *(fin)*.

Nouveaux navires à voiles et comparaison entre la voile et la vapeur, par Th. Mente.

Machines à vapeur à grande vitesse et à marche absolument régulière, par W. Theis.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Appareils de condensation. — Établissement de traitement médico-mécanique.

Variétés. — Progrès dans la fabrication des plaques de blindage.

N° 42. — *21 Octobre 1893.*

Coefficients d'étranglement des tiroirs des appareils hydrauliques de levage, par H. Lang.

Chauffage et ventilation à Chicago et dans l'Amérique du Nord, par H. Fischer.

Appareils de changements de voie et signaux à l'Exposition de Chicago, par H. Heimann.

Transporteurs à chaîne sans fin de l'Exposition de Chicago, par Max Westmann *(suite)*.

Les paquebots à deux hélices de la Compagnie Cunard *Campania* et *Lucania*, par Görris et Riess *(suite)*.

Etat actuel de la fabrication de la soude, par W. Möhring.

Variétés. — Le nouveau paquebot belge *Marie-Henriette*. — Garniture en métal blanc des coussinets de wagons. — Tour de Wembley Park.

Correspondance. — Condenseur à refroidissement par l'air.

N° 43. — *28 Octobre 1893.*

Installations mécaniques à la mine Calumet et Hecla, par A. Riedler *(supplément)*.

Coefficients d'étranglement des tiroirs des appareils hydrauliques de levage, par H. Lang *(suite)*.

Unification des pas de vis en France, par K. Delisle.

Emploi du frein de Prouy, par R. Kablitz.

Calcul de la valeur de la période d'admission de la vapeur dans les locomotives, par Leitzmann.

Variétés. — Association allemande pour la protection de la propriété industrielle.

Correspondance. — Installations d'électricité à Hanovre.

BIBLIOGRAPHIE

Répertoire analytique de la presse scientifique publié sous les auspices de l'office impérial des brevets, par le docteur R. Rieth, année 1892. Berlin, librairie Carl Heymann ; Paris, F. Vieweg, 67, rue Richelieu.

Il nous a paru utile d'appeler l'attention de nos collègues sur cette importante et utile publication que la bibliothèque de la Société possède depuis qu'elle parait. Nous le faisons d'autant plus volontiers que cet ouvrage nous est maintenant offert par l'éditeur.

Ce répertoire, qui forme, pour 1892, un volume de 500 pages en petits caractères, contient l'indication des périodiques français, allemands, anglais, espagnols, hollandais, italiens, russes, etc., où ont été publiés dans l'année correspondante des articles concernant une question de chimie, métallurgie, arts industriels, mécanique, travaux publics, chemins de fer, sciences appliquées à l'art de l'ingénieur, etc., en un mot des articles techniques ou scientifiques quelconques, avec renvoi au volume, au numéro et à la page du périodique et mention des illustrations s'il y en a. Les publications citées sont, pour 1892, au nombre de 367 appartenant à tous les pays du monde à peu près, dont une soixantaine publiées en France.

Les articles sont classés par titres rangés par ordre alphabétique, ils sont indiqués dans la langue où ils ont été publiés ; les titres sont très nombreux, de sorte qu'il est facile de trouver l'article qu'on cherche, d'autant plus que les noms d'auteurs figurent également par ordre alphabétique dans chaque titre. Les plus importants de ceux-ci sont répétés en anglais, français et allemand, pour faciliter les recherches. Enfin une table de sujets, excessivement détaillée puisqu'elle ne comprend pas moins de 5 700 mots, renvoie à la page où chaque question est traitée, les mots y figurent dans les trois langues principales.

Ce répertoire a commencé à paraitre en 1856 ; il a été publié successivement sous la direction du Dr Schubarth, de B. Kerl, de Biedermann et enfin, depuis 1886, du Dr Rieth. Le premier volume embrasse la période de 1823 à 1853, il cite 113 publications dont 26 françaises. Ce volume est extrêmement précieux par les renseignements qu'il permet de trouver dans d'anciennes publications plus ou moins oubliées aujourd'hui.

Le second volume donne la période de 1854 à 1868, le troisième celle de 1869 à 1873, le quatrième de 1874 à 1877, et depuis cette époque la publication devient annuelle. Elle a été successivement perfectionnée depuis l'origine et le volume qui nous occupe a reçu encore des améliorations notamment par l'introduction des rubriques en trois langues que nous avons signalées et qui facilitent beaucoup l'usage de ce répertoire aux lecteurs qui ne connaissent pas l'allemand.

L'expérience personnelle que nous avons de la très grande utilité de

cet ouvrage, qui représente une somme de travail énorme, nous est un sûr garant des services qu'il peut rendre à ceux de nos collègues qui ont des recherches à faire et c'est le cas de la plupart. Ceux qui ne le connaissent pas nous sauront certainement gré de le leur avoir signalé.

Compound locomotives, par Arthur T. Woods, professeur de mécanique à l'Université d'Illinois, deuxième édition revue et augmentée par David L. Barnes, ingénieur-conseil, Chicago, the Railway Age and Northwestern-Railroader, 1893.

Cet ouvrage, dont la première édition a paru en janvier 1891, est le premier, et encore à l'heure qu'il est le seul qui ait été publié sur les locomotives compound (en dehors des articles parus dans les périodiques ou contenus dans les mémoires des Sociétés savantes) et il semblerait assez curieux qu'un livre de ce genre ait paru d'abord aux États-Unis où la question qui en fait l'objet a été abordée très tard, si on ne trouvait, au contraire, la raison de ce fait dans le désir de faire profiter les constructeurs de ce pays de l'expérience déjà acquise ailleurs. Cette première édition, en dehors des questions générales et théoriques, ne donnait guère que des renseignements empruntés à la pratique européenne. Après la mort regrettable et prématurée du Dr Woods, M. D. L. Barnes, ingénieur bien connu aux États-Unis, s'est chargé de mettre l'ouvrage à la hauteur des progrès récents et énormes que la question avait faits en Amérique. Il y a parfaitement réussi et la nouvelle édition constitue un ouvrage d'une grande valeur et d'un intérêt considérable.

Le commencement est consacré à l'étude du travail de la vapeur dans les cylindres des machines, étude basée non sur des considérations théoriques, mais sur l'examen des courbes d'indicateur. On y trouve traité tout ce qui concerne les espaces neutres, l'admission, la détente, la compression, le travail, l'influence de l'admission sur les chutes de pression d'un cylindre à l'autre, le rôle du receiver, les rapports de volumes des cylindres, le rechauffage intermédiaire, les conditions du démarrage, les diverses manières de l'opérer, les sections de passage, l'étranglement, l'inertie des pièces en mouvement, etc. Ces questions n'occupent pas moins de quatorze chapitres.

Ensuite vient la description des divers types de machines : d'abord les machines à deux cylindres, classées, par rapport au mode de démarrage, en trois catégories, savoir : machines à deux cylindres à receiver avec démarrage automatique à clapet d'interception, sans échappement direct du cylindre à haute pression; machines à deux cylindres à receiver avec démarrage automatique sans clapet d'interception et sans échappement direct du cylindre à haute pression, et machines à deux cylindres à receiver avec clapet d'interception et échappement direct du cylindre à haute pression. C'est la classification que nous avions indiquée dans un autre ordre (l'ordre chronologique) dans les observations présentées par nous à la séance du 20 octobre dernier, avant d'avoir eu connaissance du livre dont nous nous occupons ici; et nous sommes heureux de voir que les conclusions de M. Barnes sur le mérite relatif de ces trois types de machines à deux cylindres sont exactement celles

que nous avons données. On ne trouvera pas mauvais que nous les reproduisions textuellement :

« De ce qui précède, il semble résulter que la disposition inaugurée par M. Mallet, qui consiste à soumettre le mode de fonctionnement compound ou non compound au gré du mécanicien, prend le premier rang pour les applications futures. Au début, les Ingénieurs de chemins de fer craignaient de laisser cette faculté aux machinistes et préféraient les démarrages automatiques; ils avaient peur, en outre, de donner encore à ceux-ci une manœuvre de plus à faire; mais, maintenant qu'on s'est familiarisé avec les machines compound, qu'on les apprécie mieux, il y a une tendance générale à chercher à tirer le meilleur parti de ces machines, quitte à obliger les conducteurs à exercer leur jugement et à faire une manœuvre supplémentaire si elle est nécessaire. On arrivera ainsi à employer de plus en plus la machine à deux cylindres, qui est plus simple et qui démarre les trains aussi bien que les machines à quatre cylindres et mieux que les machines ordinaires. Il est probable que l'avenir verra moins de démarrages automatiques et plus de démarrages non automatiques sur les compound à deux cylindres. »

Comme dispositions générales, l'ouvrage classe les locomotives compound en locomotives à deux manivelles, à deux et à quatre cylindres, ce dernier cas comprenant les cylindres en tandem, les cylindres superposés (Vauclain), les cylindres concentriques (Johnstone) et les machines à trois et quatre manivelles. Ces diverses dispositions sont décrites avec tous les détails nécessaires.

L'auteur ne dissimule pas sa préférence pour les types à deux manivelles, les seuls, du reste, qui aient été employés jusqu'ici aux États-Unis; ces types suffisent, d'après lui, à tous les besoins, et il ne voit aucun avantage à l'introduction de machines à trois et quatre manivelles, nécessairement plus compliquées, sauf dans le cas de machines à trucks articulés, pour lesquelles on ne peut faire autrement que d'employer les dernières. Cette conclusion, un peu absolue, s'explique, d'une part, par une connaissance imparfaite des applications récemment faites en France par plusieurs grandes Compagnies, et, de l'autre, par la profonde antipathie qu'éprouvent les Ingénieurs américains pour les essieux coudés.

Une partie importante est consacrée à la description des organes essentiels des locomotives compound, tels que : appareils de démarrage des divers types, modifications aux changements de marche pour donner aux deux cylindres les admissions de vapeur convenables, etc.

Pour l'auteur, l'économie à retirer de l'emploi du fonctionnement compound n'est pas douteuse : elle est basée sur l'accroissement de la détente, sur la réduction des condensations internes et sur l'amélioration de la combustion. La question économique est étudiée pour chaque genre de service que les locomotives sont appelées à faire.

Un appendice contient des développements sur certains points, des calculs et formules pratiques, des résultats d'essais et des tableaux de dimensions d'un grand nombre de locomotives compound appartenant à tous les pays; 166 figures complètent le texte et en facilitent la compréhension.

Nous sommes heureux de recommander, à ceux de nos collègues que la question intéresse, l'étude de cet ouvrage, qui est, comme nous le disions au début de cette analyse, le seul qui existe actuellement sur un sujet dont l'intérêt, méconnu pendant longtemps, ne peut plus être contesté aujourd'hui et dont l'importance grandit chaque jour à mesure que les applications se multiplient.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, gérant responsable,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 23558-11-93. — (Encre Lorilleux).

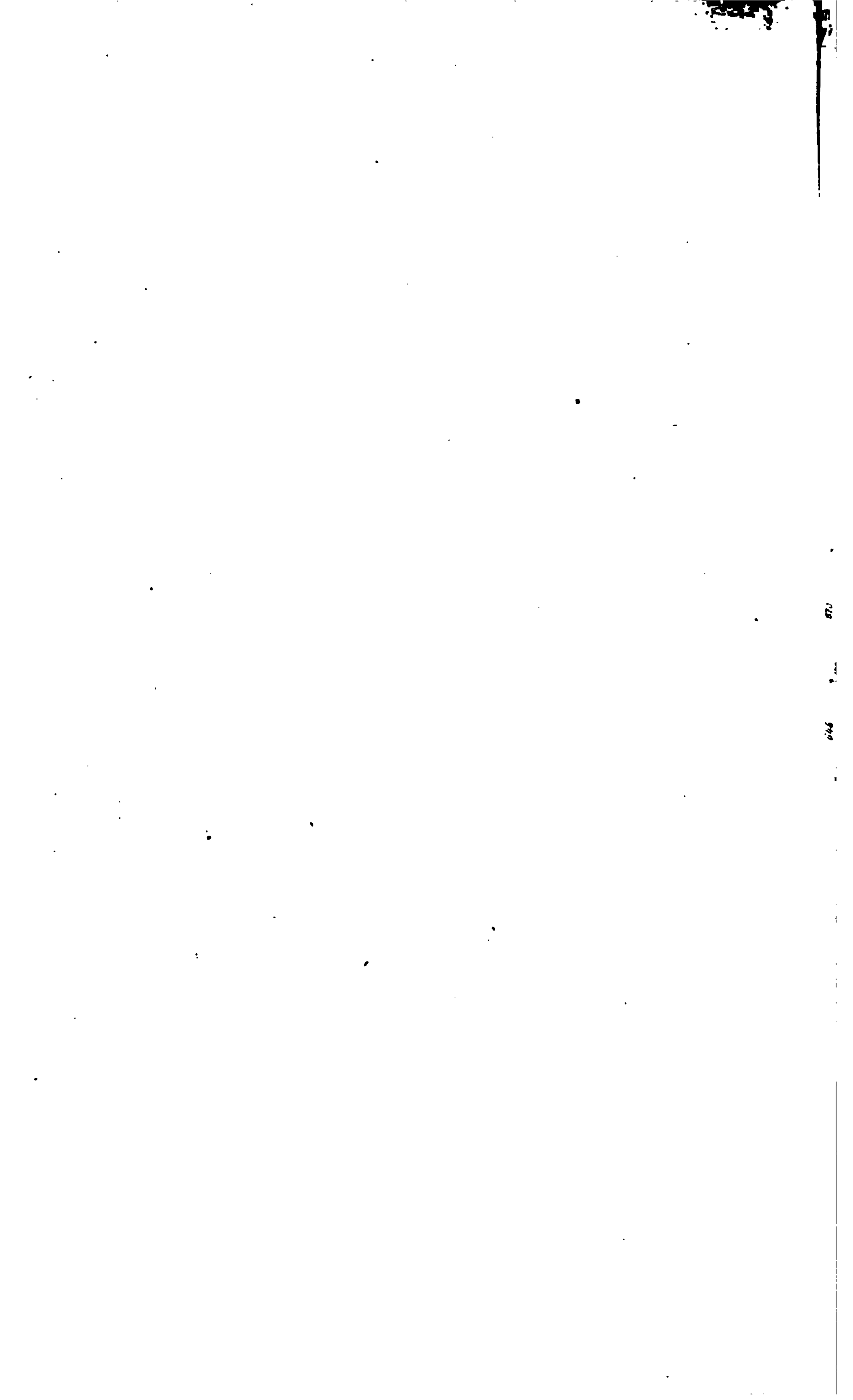


Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 5.

Cercle de manivelle

L'orifice m reste ouvert en grand

Environ 25 %

14 %

Commencement de la fermeture de l'orifice m

Fermeture complète de l'orifice m

L'orifice m reste fermé

Largeur de l'orifice m

Orifice m ouvert en grand

Commencement de l'ouverture de l'orifice m

Environ 2 %

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1893

N° 11

Sommaire des séances du mois de novembre 1893 :

1° *Décès* de MM. J. Piérard, L. Soulerin, P. Tesse, M. Andrade, E. Vigan, P. Kotchoubey, L. Cosnard, E.-G. Denis, L.-H.-M. de Pascal et Paul Jousselin (Séances des 10 et 17 novembre), pages 408 et 414 ;

2° *Décoration*. (Séance du 10 novembre), page 408 ;

3° *Exposition à Anvers en 1894*. (Séance du 10 novembre), page 409 ;

4° *Le Jauréguiberry*, par M. A. de Dax, et observations de M. S. Périssé. (Séance du 10 novembre), page 409 ;

5° *Essais de traction après soudure faits sur divers métaux (Les)*, par M. Leverrier, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. (Séance du 10 novembre), page 410 ;

6° *Participation aux bénéfices*, lettre de M. S. Périssé. (Séance du 10 novembre), page 411 ;

7° *Obsèques (Paroles prononcées aux)* de M. Paul Jousselin, Président de la Société, par MM. du Bousquet, Canet, S. Périssé, Falateuf, L. Dupuy. (Séance du 17 novembre), page 416 ;

Mémoires contenus dans le Bulletin de novembre 1893 :

8° *Notes sur le « Jauréguiberry »*, par M. A. de Dax, page 423 ;

9° *Souvenirs et Mémoires. Autobiographie de M. J.-Daniel Colladon. Compte rendu*, par M. A. Mallet, page 443;

10° *Notes de nos correspondants et membres de province et de l'étranger : Quelques notes sur l'hydrologie du bassin du Nil*, par M. A.-F. Ventre-Bey, page 468;

11° *Chronique, n° 167*, par M. A. Mallet, page 494;

12° *Comptes rendus*, id. page 507.

Pendant le mois de novembre 1893, la Société a reçu :

33642 à 33643 — De M. William E. Mc Clintock. *Report of the Commission to improve the Highways of the Commonwealth of Massachusetts. February 1893* (in-8° de 238 p. et in-8° de 8 p.). Boston, 1893.

33644 — De M. Gaetano Lanzo. *Massachusetts Institute of Technology. Boston. Annual Catalogue 1892-93* (in-8° de 256 p.). Boston, 1892.

33645 — Du même. *Massachusetts Institute of Technology. Boston. Annual Report of the President and Treasurer. Dec. 14, 1892* (in-8° de 81 p.). Boston, 1893.

33646 à 33652 — Du même. *Massachussets Institute of Technology. Boston. Special Descriptive Circular* (7 br. in-8°). Boston, 1892, 1893.

33653 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. *Bulletin de l'exercice 1892*. Amiens, T. Jeunet, 1893.

33654 — De M. Carl Heymanns, éditeur. *Repertorium der technischen Journal-Litteratur*, von Dr Rieth. Jahrgang 1892. Berlin, 1893.

33655 — De la Municipalité de la ville de Juiz de Fora, par MM. G. Howyan et A. Thiré (M. de la S.). *Assainissement et agrandissement de la ville de Juiz de Fora. Eaux et égouts; rectification de rivière; dessèchements*, par G. Howyan (in-4° de 64 p. autog.). Juiz de Fora, 1893.

33656 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *L'utilité publique et la propriété privée*, par Ernest Meyer (petit in-8° de 194 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33657 — De la famille de M. J. Daniel Colladon. *Souvenirs et Mémoires. Autobiographie de M. J.-Daniel Colladon* (grand in-8° de 636 p.). Genève, Aubert-Schuchardt, 1893.

33658 et 33659 — Du Smithsonian Institution, par le Ministère de l'Instruction publique. *Eleventh Annual Report of the United States Geological Survey of the Secretary of the Interior, 1889-1890*, by J. W. Powell. Washington, 1893.

33660 — De M. Jules Garçon (M. de la S.). *La pratique du teinturier, tome I. Les méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture* (in-8° de 148 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33661 — De la Société nationale d'Agriculture de France. *Mémoires, tome CXXXV, 1893*. Paris, Chamerot et Renouard, 1893.

33662 — De M. H. Pucey. *Exposition universelle de 1900. L'Exposition dans le parc de Saint-Cloud* (petit in-4° de 14 p. avec 1 pl. autog.). Paris, B. Millet et fils, 1893.

33663 — De M. Paul Verrier (M. de la S.). *Création de cités manufacturières* (petit in-8° de 36 p. et 1 pl.). Paris, Chaix, 1893.

33664 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Considérations sur le régulateur de Watt. Régulateur à double action centrifuge et tangentielle et à stabilité variable. Obturateur à mouvement louvoyant* (petit in-8° de 29 p.). Paris, Chaix, 1893.

33665 — De MM. Matter et Cie (M. de la S.). *Nouveau plan de Rouen monumental, industriel et commercial.* Rouen, Schneider.

33666 — De M. J.-M. Bel (M. de la S.). *La minéralogie, d'après le Dr H. Sterry Hunt* (in-8° de 16 p.). Paris, *Génie civil.*

33667 — De M. A. Fock (M. de la S.). *La France au Sahara* (p. 663 à 665 de la *Revue des Sciences pures et appliquées* du 30 octobre 1893). Paris, G. Carré, 1893.

33668 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Festschrift anlässlich der Haupt-Versammlung des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, im September 1893, in Luzern* (grand in-8° de 274 p. avec 1 carte). Lucerne, H. Keller, 1893.

33669 — De M. G. Guillemin (M. de la S.). Note sur *la métallographie microscopique des alliages de cuivre* (in-4° de 7 p. avec 9 pl.).

Les membres nouvellement admis pendant le mois de novembre 1893 sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

J.-P.-C. Bouichou,	présenté par MM.	Imbert, A. Lavezzari, Lencauchez.
F. Doret,	—	Durassier, Gruner, Llamas.
O. Maggiar,	—	Broca, Dorion, Garnier.
A. L. Valabrègue,	—	Flicoteaux, Lencauchez, Tissot.

Comme membre associé, M. :

E. Horn, présenté par M. G. Béliard, E. Durand, E. Simon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1893

Séance du 10 novembre 1893.

PRÉSIDENCE DE M. DU BOUSQUET, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos collègues :

M. Piérard (Jacques), membre de la Société depuis 1880, fondateur des usines du Marais et maître de forges à Montigny-sur-Sambre (Belgique).

M. Soulerin (Léon), membre de la Société depuis 1888 ; a construit en Amérique environ 30 ponts métalliques, inventeur du frein qui porte son nom.

M. Tesse (Paul), membre de la Société depuis 1873 ; a été Ingénieur au Chemin de fer du Nord, s'est occupé du perfectionnement des appareils télégraphiques et de l'application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer, chevalier de la Légion d'honneur.

M. Andrade (Michel), membre de la Société depuis 1881 ; a été Ingénieur, chef de service de la Compagnie Générale Transatlantique, était en dernier lieu directeur des Chantiers et Ateliers de cette même Compagnie, à Penhoët, près Saint-Nazaire, chevalier de la Légion d'honneur.

M. Vigan (Eugène), membre de la Société depuis 1864 ; a été Ingénieur à la Compagnie Parisienne du Gaz, puis chef des dépôts de machines aux Compagnies des Chemins de fer du Nord et du Midi, était en dernier lieu régisseur de l'usine à gaz de Saint-Mandé.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. de Gennes, Ingénieur du siège n° 3, des mines de Lens, à Liévin, a été nommé officier du Dragon militaire d'Annam.

Il a, en effet, séjourné comme officier assez longtemps au Tonkin et y a exécuté des travaux géodésiques importants, qui, du reste, lui ont fait obtenir du Kinh Luoc (vice-roi du Tonkin) le brevet du Kim-Khanh d'or. *(Voir procès-verbal de la séance du 21 juillet 1893.)*

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialement : un travail de M. Jules Garçon intitulé : *La Pratique du teinturier*. Ce volume est le premier ouvrage d'une étude importante entreprise par notre collègue sur les questions intéressant la teinture.

M. le docteur Dunant, gendre de notre regretté collègue Daniel Colladon, nous a envoyé, au nom de la famille de ce dernier, un ouvrage intitulé : *Souvenirs et Mémoires. Autobiographie de J.-Daniel Colladon.*

M. H. Paur nous a remis un très bel ouvrage superbement illustré dont le titre est : *Festschrift der Section Vierwaldstädte, 1893.*

Enfin, de M. G. Guillemin, nous avons reçu un rapport très curieux sur la *Métallographie miscroscopique des alliages de cuivre.*

M. le Président rappelle qu'une Exposition doit avoir lieu à Anvers en 1894, et annonce que M. de Leyn, qui y habite, se met gracieusement à la disposition de tous nos collègues pour les renseigner au besoin. Il remercie M. de Leyn de son offre.

L'ordre du jour appelle la communication de M. A. de Dax, sur *le Jauréguiberry. (Cette communication sera insérée au Bulletin.)*

M. A. de Dax dit que *le Jauréguiberry* est le second navire de guerre français sur lequel toutes les manœuvres de tir se feront électriquement ou à la main.

Il rappelle qu'à la suite des essais concluants du cuirassé chilien *le Capitaine Prat*, la marine française confia la construction du *Jauréguiberry* aux Forges et Chantiers de la Méditerranée ; M. Lagane, Ingénieur en chef de la Seyne, a étudié toute la partie coque, machines, chaudières, cuirasse et construction, aidé en cela par MM. Fournier et Kauffer.

Toute la partie artillerie, tourelles, affûts et manœuvre électrique, est l'œuvre de M. Canet.

M. de Dax montre d'abord les avantages nombreux qui résultent de l'utilisation de l'électricité comme agent moteur de toutes les manœuvres et passe successivement en revue les diverses parties du navire : coque, cuirasse, chaudières, machines. A ce sujet il parle de certains navires et croiseurs des marines étrangères, et en terminant il dit que *le Jauréguiberry* sera certainement un de nos meilleurs cuirassés d'escadre.

Le jour du lancement de ce navire, M. le Président Carnot, qui y assistait, a remis la croix de la Légion d'honneur à M. l'Ingénieur Fournier, et cela aux applaudissements de tous.

M. S. Périssé se demande si les chiffres donnés à M. de Dax par le constructeur américain à propos du croiseur *le Columbia*, dont il a été parlé dans la communication, et relatifs au nombre de milles parcourus, sont bien exacts. Il en doute, car il croit se rappeler que nos grands paquebots transatlantiques Havre-New-York de 7 000 à 8 000 *tx* brûlent 1 500 *t* de houille pour faire 3 200 milles à raison de 16 à 17 nœuds ; que les paquebots d'environ 3 500 *tx* qui font le service des Antilles, brûlent entre Saint-Nazaire et la Martinique environ 800 *t* pour parcourir 3 600 milles à raison de 12 à 13 nœuds à l'heure.

Comment le croiseur américain peut-il parcourir 16 000 milles, c'est-à-dire 29 000 *km* avec 2 200 *t* emmagasinées dans sa coque ?

M. de Dax répond qu'il y a là deux points de vue absolument distincts.

Dans le premier, on envisage la question de vitesse maxima, qui ne peut être obtenue qu'avec le maximum de puissance de la machine.

Dans le second, au contraire, on envisage le maximum de distance pouvant être parcourue avec le minimum de consommation de charbon et, partant, de force motrice. En effet, à une diminution de puissance donnée correspond une diminution de vitesse beaucoup moindre, et pour chaque navire il existe un minimum de puissance produisant un maximum d'utilisation de vitesse *réduite pratique*. Si l'on admet pour *le Columbia*, dont il est question, une consommation de 0,800 *kg* par cheval-heure à une vitesse réduite pratique par exemple de 10 nœuds, on voit qu'il faudra, pour parcourir la distance de 16 000 milles, 1 600 heures de chauffe. Rapportant ce chiffre à celui de l'approvisionnement en charbon, on trouve que cela correspond à une force motrice de 1 710 *chx* environ devant imprimer au navire cette vitesse de 10 nœuds, ce qui du reste paraît considérable.

Ces chiffres diffèrent de ceux que donne la théorie. Cependant ils sont indiqués par les constructeurs américains comme devant être à peu près conformes aux résultats de leurs expériences (1).

M. de Dax ajoute qu'il n'a entendu en rien comparer *le Jauréguiberry*, cuirassé d'escadre, au *Columbia*, croiseur, dont les conditions d'armement et de construction sont absolument différentes et dont le rôle sera plutôt celui d'un corsaire.

M. le Président remercie M. de Dax de cette communication et dit que chacun est heureux de s'associer à lui pour féliciter nos collègues, et tout particulièrement M. Canet, des beaux résultats qu'ils ont obtenus.

M. Le Verrier, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, a la parole pour sa communication sur *les Essais de traction après soudure faits sur divers métaux. Cette communication sera insérée au Bulletin.*

En commençant, M. Le Verrier rappelle combien il est difficile d'obtenir d'une façon régulière de bonnes soudures homogènes entre deux morceaux de fer d'une certaine dimension. Il faut, pour y arriver, certains tours de main dont il parle, mais que tous les ouvriers ne connaissent pas. L'emploi des plaques Laffitte donne des résultats remarquables. Il croit donc que les essais que l'on impose à cet égard ne

(1) Nous donnons ci-dessous, d'après un travail de M. Geo-Melville, Ingénieur en chef au département naval des Etats-Unis, un extrait des résultats obtenus sur le navire américain *le Charlestown*, de 4 000 *tx* de déplacement et 6 600 *chx*.

Vitesse en nœuds par heure. . .	4	6	8	10	12	15	18
Chevaux développés. Machines motrices. .	107	270	520	960	1710	3550	6120
Chevaux développés. Machines auxiliaires.	79	81,5	85,9	93,4	107,6	1501	288
(Total)	186	351,5	605,9	1053,4	1817,6	3600,1	6408
Consommation totale en tonnes de charbon par heure.	0,740	0,948	1,217	1,712	2,491	4,076	8,166
Nombre de nœuds obtenus par tonne de charbon consommée .	5,41	6,33	6,57	5,83	4,82	3,68	2,22

Le maximum de *vitesse réduite pratique* correspond ici au chiffre de 8 nœuds à l'heure.

prouvent rien en faveur ou en défaveur de la qualité du métal essayé, mais montrent seulement que la soudure est bien ou mal faite.

Il dit que la microphotographie permet d'étudier ces phénomènes et il fait voir par des projections des coupes de divers métaux : fer, acier, bronze phosphoreux, bronze manganèse, etc. Il termine en disant que cet examen microscopique suffit souvent pour prévoir les qualités que possède un métal. M. Le Verrier ajoute qu'alors qu'à l'étranger et surtout en Allemagne il existe des laboratoires officiels dotés d'un riche budget, il est regrettable de voir qu'en France il n'y a rien de pareil. Si les études microscopiques appliquées aux métaux ne sont pas restées en arrière chez nous, on le doit à l'initiative privée et au dévouement de gens qui travaillent chez eux avec leurs propres ressources, comme par exemple MM. Osmond et Guillemin, que l'on ne saurait trop remercier.

M. Euverte dit que ce qui l'a frappé, c'est la confirmation par M. Le Verrier de la difficulté d'avoir une bonne soudure entre deux morceaux de fer. Pour lui, il veut en retenir le tour de main indiqué, et le voir généralement appliqué.

M. le Président dit qu'après la communication si instructive de M. Le Verrier, il est certain qu'il est absolument inutile d'insérer dans un cahier des charges des Essais de traction après soudure. Il ressort aussi de son exposé que les soudures, si bien faites qu'elles soient, laissent toujours les pièces dans un état d'infériorité et que, par suite, il importe de ne pas ressouder les mêmes pièces indéfiniment.

Il remercie ensuite M. Le Verrier d'avoir bien voulu venir exposer, devant la Société, ces considérations et les résultats si intéressants qu'il nous a communiqués et qui montrent, en effet, les services que peut rendre la microphotographie.

Il ajoute qu'il est juste à ce sujet de féliciter aussi MM. Osmond et Guillemin, nos collègues, qui étudient et appliquent ces procédés.

Vu l'heure, la discussion sur la communication de M. Ch. Robert est remise à une séance ultérieure.

M. S. Périssé donne cependant lecture d'une note qu'il avait préparée à ce sujet et dans laquelle il dit qu'il est bien aise que la communication de M. Euverte sur le salariat et la réouverture de la discussion sur la Participation aux bénéfices lui fournisse l'occasion d'appuyer ce qui a été dit sur cette question au mois de mai dernier, par M. Charles Robert et par M. Goffinon. Il croit avec M. Charles Robert qu'il faut, toutes les fois que cela est possible, intéresser les ouvriers au succès de l'entreprise à laquelle ils ont donné déjà un large concours, et leur offrir ainsi le moyen de devenir par l'épargne copropriétaires du capital social de l'usine.

En répondant à M. Charles Robert, M. Euverte disait *qu'il fallait donner à l'ouvrier une part de l'amélioration résultant de son travail*, et c'est par le salaire proportionnel au travail fait, à l'effort développé, autrement dit par le travail à la tâche, ou au marchandage, que M. Euverte arrive à réaliser son désidératum conforme à ce qu'il appelle « la » loi rationnelle des relations entre le capital et le travail ».

M. Périssé, d'accord avec M. Euverte sur l'opportunité de donner à

l'ouvrier une part de l'amélioration résultant de son travail, diffère d'opinion avec lui sur la voie à suivre. Tout en étant partisan du salaire proportionnel, il croit qu'il faut y ajouter la participation aux bénéfices afin d'établir la solidarité et la communauté des intérêts, qui conduiront le plus sûrement à l'union et à la paix sociale.

Le salariat, en effet, ne suffit pas pour rendre les intérêts communs, puisque le patron cherche à payer le moins possible pour améliorer le prix de revient de son produit, et l'ouvrier à gagner le plus possible afin d'améliorer les conditions de son existence. Par conséquent, l'antagonisme ne sera pas détruit, s'il ne s'établit pas entre patrons et ouvriers des liens tout autres que ceux qui résultent du paiement du salaire par les uns et de l'exécution du travail par les autres, liens nouveaux d'affection et de reconnaissance affirmés par des œuvres patronales parmi lesquelles il faut ranger la participation aux bénéfices.

Sans nul doute, les industriels français (et M. Euverte nous citait avec raison la famille Schneider, du Creusot), ont déjà prouvé qu'ils avaient à cœur d'améliorer les conditions morales et matérielles de leurs employés et ouvriers, et l'industrie française peut s'enorgueillir des belles institutions patronales si nombreuses dans notre pays; mais on ne voit pas pourquoi la participation aux bénéfices, appliquée avec avantage dans certaines industries, devrait être rejetée comme inapplicable à la grande industrie, et comme exemple il nous a été cité les mines de houille où, en raison de l'importance de la main-d'œuvre, celle-ci ne recevrait en définitive, par la participation, qu'un quantum bien faible du salaire perçu.

Ce raisonnement ne paraît pas assis sur une base sérieuse, car on ne comprend pas pourquoi la participation serait repoussée sous le vain prétexte que la main-d'œuvre est trop importante dans cette industrie; ce serait au contraire une raison d'attribuer aux ouvriers une part dans les bénéfices plus grande que celle qui a servi de base aux calculs de M. Euverte et qui l'a conduit à un faible quantum. Venant par surcroît, le chiffre de ce quantum serait d'ailleurs le bien venu dans le budget si restreint d'une famille d'ouvriers.

Il résulte de la publication faite récemment par le Comité des houillères de France que, en moyenne, le prix de revient de la houille est aujourd'hui de 11 *f* la tonne, dont 6 *f* de main-d'œuvre et 5 *f* d'autres dépenses et que le prix de vente moyen est de 13 *f* sur le carreau de la mine française. On voit par ces chiffres que la moitié de la valeur de la houille représente de la main-d'œuvre.

Il semblerait donc, *a priori*, si on admettait que la participation doit être proportionnelle à la valeur du concours apporté, que la moitié des bénéfices doit aller à la main-d'œuvre. Mais il ne peut pas en être ainsi et cela pour bien des raisons. Il y a tout d'abord la raison principale, c'est qu'on ne peut avoir sa part légitime de bénéfices que si on peut supporter la même part dans les pertes.

Il faut tenir compte aussi qu'une part privilégiée doit être réservée pour la rémunération du capital exposé dès le début de l'entreprise; et pour ce qui concerne les mines, combien de capitaux ont été perdus à la suite de recherches infructueuses.

Cependant dans cette industrie le capital est relativement moins grand que dans d'autres, la métallurgie, par exemple, puisque le fonds a été donné gratuitement par l'Etat à ceux, il est vrai, qui ont engagé des dépenses aléatoires pour mettre en valeur la richesse souterraine. Certaines actions d'exploitations houillères ont acquis des plus-values considérables que l'on fait miroiter aux yeux des ouvriers pour les pousser à la grève, sans leur citer, bien entendu, les entreprises nombreuses qui ont amené la perte du capital engagé.

Néanmoins il est difficile de comprendre, en présence des plus-values énormes acquises dans certains cas, que les ouvriers mineurs n'aient aucune part dans ces plus-values, eux qui ont apporté un concours représentant la moitié de la dépense et qui ont si souvent exposé leur vie, qui est aussi un capital.

Il eût été et il serait préférable qu'à titre de gratification les travailleurs qui ont fait leur devoir et rendu des services ininterrompus puissent recevoir une partie des bénéfices. Cette part, venant s'ajouter au salaire, pourrait faire un jour de l'ouvrier économe un petit actionnaire, et plus tard, certainement, les travailleurs sérieux deviendraient par ce moyen copropriétaires.

Ce que nous avons dit des mines peut s'appliquer à la plupart des industries, sauf à déterminer pour chaque cas particulier dans quelle mesure la main-d'œuvre doit être intéressée aux bénéfices réalisés, sans pour cela n'encourir aucune responsabilité en cas de pertes.

Toute exploitation industrielle ne peut exister et prospérer qu'avec le triple concours du capital, du savoir et du travail. L'un de ces éléments venant à manquer, l'industrie périclite et s'arrête.

Le *capital* qui est le produit de l'épargne, qui est le fruit d'un travail mis en réserve, permet de se procurer l'outillage, de construire les ateliers et les installations et de faire les premières avances pour achat de matières et pour payer les ouvriers et employés jusqu'au moment où les produits fabriqués pourront être vendus et réalisés. Il n'est donc pas possible de se passer du capital.

Quant au *savoir*, c'est lui qui invente, qui combine, qui dirige, en un mot, qui fait application de ce qui a été acquis par de longues études, la réflexion, par le travail intellectuel développé au cours de nombreuses années. Sans ce savoir, l'exploitation n'aurait pas de chef et ne pourrait pas donner de résultats avantageux.

Enfin, en troisième lieu, on ne peut pas se passer du concours donné par les travailleurs, autrement dit de la *main-d'œuvre*.

Chacun de ces éléments devrait donc avoir une participation dans les bénéfices proportionnelle à la valeur du concours apporté, si, répétons-le, chacun pouvait garantir la même participation en cas de pertes. Mais le capital seul apporte cette garantie. Il doit donc conserver toute son autorité légitime et déterminer la part qu'il veut donner et qu'il a intérêt à donner à ses collaborateurs indispensables.

Notre rôle à nous, ingénieurs, qui sommes les intermédiaires entre le capital et le travail, c'est de trouver un *modus vivendi* qui amène la concorde parfaite si compromise à la suite le plus souvent d'excitations intéressées venues du dehors.

En résumé, M. Périssé ne repousse pas le travail aux pièces, et croit que dans bien des cas il devrait remplacer le salariat fixe ; mais il faut aussi, toutes les fois que cela est possible, lui adjoindre la participation qui sera l'acheminement vers l'association réelle.

Dans la période transitoire, comme dans le régime définitif, il faut que les intérêts soient solidaires si on veut obtenir la paix sociale. C'est vers ce but que tous nos efforts doivent tendre, c'est notre devoir, car notre situation et notre rôle dans toute exploitation industrielle nous désignent tout naturellement pour amener l'union si désirable entre le capital et le travail.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

Séance du 17 novembre 1893.

PRÉSIDENCE DE M. CH. HERSCHER, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT s'exprime ainsi :

MES CHERS COLLÈGUES,

La réunion que j'ai l'honneur de présider aujourd'hui devait être, comme à l'ordinaire, consacrée à la suite de nos travaux. Un cruel événement en a décidé autrement : la mort brutale vient de nous ravir notre cher Président Jousselin ; nous sommes dans l'affliction et dans la peine.

Notre séance de ce jour ne saurait donc être réservée qu'au recueillement et à la tristesse !

J'ai d'abord le devoir de vous informer de plusieurs pertes sensibles qu'a faites notre Société :

M. Kotchoubey (Pierre), membre honoraire de la Société depuis 1889. Il avait assisté aux réceptions de 1889, alors qu'il était Président de la Société Impériale Polytechnique de Russie, dont il était devenu ensuite Président honoraire. Il était conseiller privé et membre honoraire de l'Académie Impériale des sciences de Saint-Pétersbourg.

M. Cosnard (Ernest), membre de la Société depuis 1879. A été Ingénieur de la Société du Gaz à l'eau et de la Société des Chemins de fer Départementaux, s'est occupé de construction d'usines, a été ensuite Ingénieur de l'usine de produits réfractaires de Sées, était en dernier lieu directeur de la Société des huiles minérales de Colombes.

M. Denis (Ernest-Gustave), membre de la Société depuis 1876. A été Ingénieur à la Société de travaux publics et de constructions.

M. de Pascal (Louis-Henri-Marie), membre de la Société depuis 1874. A été Ingénieur contrôleur d'usines à la Compagnie des Chemins de fer

du Midi, était en dernier lieu Ingénieur de la maison Solvay et Cie, de Lyon.

M. Paul Jousselin vient le dernier en date dans cette funèbre énumération.

Notre Président a été enlevé en quelques jours à une famille qui le chérissait, à l'affection de ses amis si nombreux, à nos travaux, dont il s'occupait avec tant de zèle!

C'est un grand vide pour nous, et le coup qui nous frappe est bien dur!

Nous ne verrons donc plus au milieu de nous cet homme affable, si accueillant, si fidèle à ses amitiés, si dévoué à notre Société : on ne peut pas facilement se faire à une pareille réalité; et les mots font défaut pour exprimer nos sentiments de douleur et de regret.

Tous ceux — et ils sont nombreux — qui ont pu accompagner notre si regretté Président jusqu'à sa tombe, ont entendu des voix éloquentes et émues retracer les grandes lignes de l'existence si remplie de celui que vous aviez placé à votre tête.

— M. du Bousquet a parlé au nom de notre Société;

— M. Canet, au nom de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'Ecole Centrale;

— M. Sylvain Périssé, au nom des Ingénieurs-Experts;

— M. le bâtonnier Oscar Falateuf, au nom des amis particuliers du défunt.

— M. Léopold Dupuy, au nom de la promotion de 1852.

Tous ces discours seront insérés dans le Bulletin de notre Société, en souvenir de l'homme de bien que nous venons de perdre.

Merci à tous ceux qui lui ont ainsi rendu hommage et justice! Merci, en particulier, à notre collègue et Vice-Président, M. du Bousquet, d'avoir si bien et si noblement parlé!

On a rappelé la carrière toute de travail poursuivie par Paul Jousselin; on a dit ses origines—fils et petit-fils d'ingénieurs réputés —; on a dit ses longs et signalés services; on a dit aussi son caractère amène et son bon vouloir mis au service de chacun : on ne tarirait pas sur ce chapitre! Celui de vos collègues qui a l'honneur de porter la parole en ce moment ne peut lui-même se rappeler sans émotion la bienveillance dont il a bénéficié et dont le début remonte déjà à de longues années en arrière.

Tous ceux qui ont connu Jousselin savent aussi combien il aimait les jeunes, mettant à leur profit ses relations et son expérience. Il comptait sur eux pour renforcer nos rangs.

Parmi ces jeunes, il en est un sur lequel se reportaient toutes ses espérances, dont la candidature est la dernière signée de la main de notre Président : c'est celle de son fils Armand Jousselin, auquel certainement vous réserverez l'accueil particulièrement sympathique et cordial qu'il mérite. Ce sera encore, de notre part, le moyen de témoigner d'une manière effective combien restera vivant au milieu de nous le souvenir de celui dont nous pleurons aujourd'hui la perte.

Je suis sûr, mes chers collègues, d'être votre interprète, en vous proposant de transmettre, au nom de notre Société tout entière, à la famille de notre si regretté Président, l'expression de notre douleur et nos condoléances les plus sincères. *(Approbation unanime.)*

Messieurs,

C'est la première fois que notre Société est frappée dans la personne d'un président en exercice. Nous n'avons donc pas de précédent à invoquer; mais le cœur et les convenances suffisent pour nous guider :

Je lève la séance en signe de deuil.

La séance est levée à 9 heures.

PAROLES PRONONCÉES AUX OBSÈQUES

DE

M. Paul-Louis JOUSSELIN

Président de la Société des Ingénieurs Civils de France

le 15 novembre 1893

PAR

M. du BOUSQUET

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Messieurs,

La Société des Ingénieurs Civils de France vient de faire une perte cruelle.

Son Président, que nous voyions encore plein de vie et de santé le 3 novembre, au Banquet des anciens élèves de l'École Centrale, lui a été enlevé en quelques jours par une maladie dont rien ne faisait prévoir l'approche.

Aussi sa famille, ses amis, ses collègues, sont-ils plongés dans une affliction d'autant plus profonde que le coup qui les frappe est plus imprévu.

C'est la première fois, Messieurs, que la Société des Ingénieurs Civils de France perd un président dans l'exercice de ses fonctions.

Jusqu'ici cette douleur lui avait été épargnée et personne encore n'avait été appelé à prendre la parole dans une circonstance semblable.

Puisse ma voix être à la hauteur de la difficile mission qu'on m'a fait l'honneur de me confier et vous retracer fidèlement la vie si remplie de l'homme de bien dont nous déplorons la perte.

Paul Jousselin naquit à Paris en 1830.

Petit-fils et fils d'ingénieurs des Ponts et Chaussées, sa carrière était toute tracée : il devait être Ingénieur lui-même.

En effet, après de brillantes études au lycée d'Orléans, il entre à dix-neuf ans à l'École Centrale.

Il en sort en 1852 avec le diplôme d'Ingénieur des Arts et Manufactures et débute au Chemin de fer du Nord où nous le trouvons d'abord au bureau des études de l'Ingénieur en chef de la voie, puis aux études et travaux de l'embranchement de Tergnier à Reims.

Il quitte le Nord en 1856, mais il y conserva toute sa vie de nombreuses attaches ; tous ceux d'entre nous qui l'y avaient connu étaient demeurés ses amis.

Après un court passage au Chemin de fer de Paris à Vincennes, il entre en 1857 à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée où il doit faire toute sa carrière.

Il y occupe successivement le poste d'Inspecteur principal, puis celui de Chef de la 3e division qui comprend les services techniques de l'exploitation.

Il s'y distingue par son esprit inventif.

Il arrive notamment, à mettre l'électricité à la portée des agents d'ordre inférieur en plaçant entre leurs mains un appareil, l'appareil Jousselin, qui leur permet d'échanger avec rapidité les quelques communications que comporte leur service.

Jousselin reste pendant trente-trois ans à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée et ne la quitte, en 1892, que pour prendre sa retraite.

Dans la nombreuse assistance qui se presse ici autour de son cercueil, je vois un grand nombre d'ingénieurs de Paris-Lyon-Méditerranée et à leur tête son camarade d'École, le sympathique sous-directeur de la Compagnie. Ils ont tenu à donner à leur ancien collègue un dernier témoignage de leurs sentiments d'estime et d'amitié.

Mais pour un homme aussi laborieux, aussi actif que Jousselin, ces fonctions ne suffisaient pas.

Dès l'âge de vingt-cinq ans il s'occupe d'expertises; par ses connaissances variées, ses aptitudes spéciales, sa haute intégrité, il conquiert toutes les confiances et devient expert près les Cours, les Tribunaux et le Conseil de préfecture de la Seine. Pendant trente-huit ans il est chargé ainsi d'élucider les affaires les plus délicates et les plus compliquées.

La grande situation qu'il avait acquise le désignait naturellement pour certaines fonctions honorifiques. Aussi nous le trouvons membre du Comité d'organisation de l'Exposition de 1878, membre du Comité technique d'électricité de l'Exposition de 1889, membre du Jury des récompenses de la classe d'électricité à la même Exposition. Il fait éga-

lement partie du premier Congrès international des Électriciens en 1881, Congrès de la plus haute importance, dans lequel furent fixées les différentes unités électriques.

La croix de chevalier de la Légion d'honneur, la rosette d'officier de l'Instruction publique furent les justes récompenses de sa très active collaboration.

Membre de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale dès sa fondation en 1862, il en est successivement le Secrétaire, le Vice-Président, et en 1891 le Président. Je laisse à une voix plus autorisée que la mienne le soin de vous dire le rôle qu'il y remplit, les services signalés qu'il y rendit, l'affabilité avec laquelle il accueillait les jeunes camarades.

Jousselin était membre de la Société des Ingénieurs Civils de France depuis 1854; il y a fait de nombreuses communications, toutes du plus haut intérêt, qui ont été insérées dans nos Bulletins.

Membre du Comité en 1888, il est vice-président de 1889 à 1892 et président en 1893. Ce fut le couronnement de sa belle carrière.

Nous nous rappelons tous de quelle manière élevée, ferme et bienveillante tout à la fois, il savait diriger nos débats, et regrettons amèrement qu'il n'ait pu remplir jusqu'au bout la tâche que les membres de la Société lui avaient confiée.

Les qualités de l'homme privé étaient à la hauteur de celles de l'homme public.

Il faut citer en première ligne la bonté et l'affabilité qui lui conciliaient tous les cœurs et lui créaient de nombreux amis.

Jousselin était le plus serviable des hommes.

Tel fut, messieurs, l'Ingénieur éminent que nous avons eu la douleur de perdre.

A ce que nous ressentons, mesurons la cruelle douleur de sa famille éplorée.

Nos sentiments d'affection, nos marques d'estime, nos témoignages de profond regret seront, pour elle, une première consolation.

Elle en puisera d'autres dans la religion, que Jousselin avait soigneusement développée dans le cœur de ses enfants, dans la religion qui transforme la séparation éternelle en une attente de quelques années,

Adieu, mon cher Jousselin, adieu ! au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France et en mon nom. Nous conserverons précieusement ton souvenir.

PAROLES PRONONCÉES PAR M. G. CANET

VICE-PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE CENTRALE

Messieurs,

C'est sous le coup de l'émotion profonde que m'a causée la mort subite de mon excellent camarade et ami Jousselin, que je viens, au nom de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale, lui adresser un suprême adieu, et rappeler les longs services qu'il a rendus à notre Association.

Le Vice-Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. du Bousquet, vient de retracer éloquemment sa carrière d'Ingénieur si bien remplie; je ne rendrai donc ici hommage qu'au camarade si affectueux et si bienveillant dont nous déplorons aujourd'hui la perte.

Jousselin a bien mérité de notre Association amicale ; il fit partie de son Comité comme Membre, Vice-Président et Président pendant huit ans, et si les suffrages de ses camarades se portaient continuellement sur lui, c'est qu'il était toujours prêt à aider de ses conseils et à faire profiter de l'influence légitime qu'il avait acquise, les jeunes Ingénieurs qui s'adressaient à lui. Que de services rendus à tous pendant de nombreuses années !

Sa bonté et son extrême obligeance lui attiraient l'amitié de tous ceux qui l'approchaient.

Et c'est au moment où, heureux des succès de son fils auquel il avait fait suivre les mêmes études que lui à l'École Centrale et dont il allait guider avec bonheur les premiers pas dans la vie industrielle, ainsi qu'il me le disait, il y a quelques jours, à notre banquet annuel du 3 novembre, c'est à ce moment, dis-je, que Jousselin a été arraché brusquement à l'affection des siens.

Puissent les sentiments de profonde sympathie que nous adressons à sa veuve, à son fils et à sa fille, apporter un adoucissement à l'immense douleur de cette famille si éprouvée !

Repose en paix, mon cher Jousselin, tu peux compter sur nous pour reporter sur ton fils, notre jeune camarade, l'affection que nous avions pour toi.

Adieu, Jousselin, adieu !

PAROLES PRONONCÉES PAR M. S. PÉRISSÉ

Au nom des Ingénieurs-Experts

Messieurs,

Avant que ce cercueil ne livre à sa dernière demeure celui que nous pleurons, j'ai le devoir, au nom des Ingénieurs-Experts, d'exprimer notre grande douleur pour la perte bien vive que nous venons d'éprouver si inopinément.

Jousselin a été le plus distingué, le plus conciliant, le plus autorisé d'entre nous, et comment ne l'aurait-il pas été, lui qui, bien avant l'âge de trente ans, avait déjà reçu et rempli avec distinction ses premiers mandats de justice? Nous perdons en lui notre doyen vénéré que nous aimions tous, parce qu'il était bon et aimable pour tous.

J'adresse personnellement à sa famille éplorée et plus particulièrement à son fils, mon jeune camarade, l'expression de ma sympathie profonde.

A toi, Jousselin, cher collègue et ami, je dis un suprême adieu.

PAROLES PRONONCÉES PAR M. OSCAR FALATEUF

ANCIEN BATONNIER DE L'ORDRE DES AVOCATS

Au nom de la Famille et des Amis

Messieurs,

Le fils de l'ami que nous pleurons, Armand Jousselin, me disait hier que l'âme de son père serait heureuse de m'entendre lui adresser les suprêmes adieux, au nom de ceux qui l'ont aimé ici-bas.

Qui m'eût dit, mon cher Jousselin, que pareille épreuve m'était réservée ! Et c'est pourtant la réalité !

Me voici au bord de votre tombe, pour répondre à ce vœu et rappeler les doux et profonds souvenirs que vous laissez parmi nous.

D'autres ont parlé de l'Ingénieur éminent, de l'expert respecté, du Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, de ses immenses travaux et du nom qu'il va laisser dans la science et dans l'industrie.

Moi, c'est devant l'ami que je m'incline; c'est aux délicatesses exquises de son cœur que je veux rendre un dernier et public hommage.

Jousselin, en effet, fut bon parmi les meilleurs ; c'était l'ami le plus dévoué, le plus sûr. A côté des services rendus, que de tristesses, que de

souffrances sont venues à lui ! et je sais, autant que personne, avec quelle douceur il en soulevait les voiles ; avec quelle bonté il en allégeait les douleurs.

Mais c'était surtout dans la vie de famille qu'il fallait le suivre pour le connaître tout entier, c'est là que se révélaient, en pleine lumière, les côtés adorables de sa nature ; c'est là qu'il ouvrait le trésor de ses exquises tendresses ! Chacun des siens pouvait y puiser à pleines mains, sans craindre jamais de l'appauvrir.

Sa vie est un modèle, elle fut grande et simple tout à la fois. Il l'a résumée en traçant ses volontés dernières, la seule fois peut-être qu'il ait songé à parler de lui. Que les siens, aux heures de trop grandes tristesses, relisent ces pages émues : ils y retrouveront tout entier l'homme de grand cœur et de hautes pensées !

Aussi, cher ami, si, du monde qui nous est inconnu et auquel vous appartenez désormais, vous avez encore, comme je n'en doute pas, conscience des choses de la terre, que votre regard s'abaisse sur ceux que vous venez de quitter ! qu'il s'imprègne une fois encore de cette douceur que vos amis se rappellent si bien et qu'il les console, en les rassurant par sa sérénité.

Car, si vous avez pu ressentir quelque angoisse, au moment de quitter la terre ; si vous avez tremblé pour ceux auxquels l'impitoyable mort semblait vouloir ravir un appui, ne voyez-vous pas aujourd'hui, à la clarté de l'éternelle lumière, que votre œuvre terrestre est à vrai dire accomplie ? car vous laissez l'exemple !

Oui, à votre exemple, chacun des vôtres sera digne et vaillant comme vous l'avez toujours été vous-même ; ils sont là, vous pouvez sans crainte interroger leurs consciences.

Et puis, regardez-nous aussi, nous que vous avez aimés ; tous, nous sommes groupés autour de ceux qui vous survivent, leur demandant, pour alléger le fardeau de leurs douleurs, de le partager avec nous.

Regardez tout cela, bon et cher ami — et, maintenant, soyez en paix !

PAROLES PRONONCÉES PAR M. LÉOPOLD DUPUY

Au nom des Camarades de la promotion de 1852

MESSIEURS,

Je viens, au nom des camarades de l'École Centrale de la promotion de 1852, dire le suprême adieu à notre ami Jousselin, si bon, si modeste, si affectueux. Tel nous l'avions connu sur les bancs de l'École, il y a plus de quarante ans, tel il était resté, toujours empressé à rendre service. O mon cher Jousselin, je ne saurais dire combien grands sont nos regrets, quel vide ta mort creuse parmi nous ! Nous ne t'oublierons jamais. Adieu, cher camarade, au nom de la promotion de 1852, adieu !

NOTES

SUR

LE JAURÉGUIBERRY

PAR

M. A. de DAX

Le Jauréguiberry a été construit à la Seyne sur les plans et sous la direction de M. Lagane. Tout ce qui concerne la partie construction, la disposition, les emplacements de l'artillerie, l'alimentation des munitions pour le tir, l'exécution, est l'œuvre de M. Lagane.

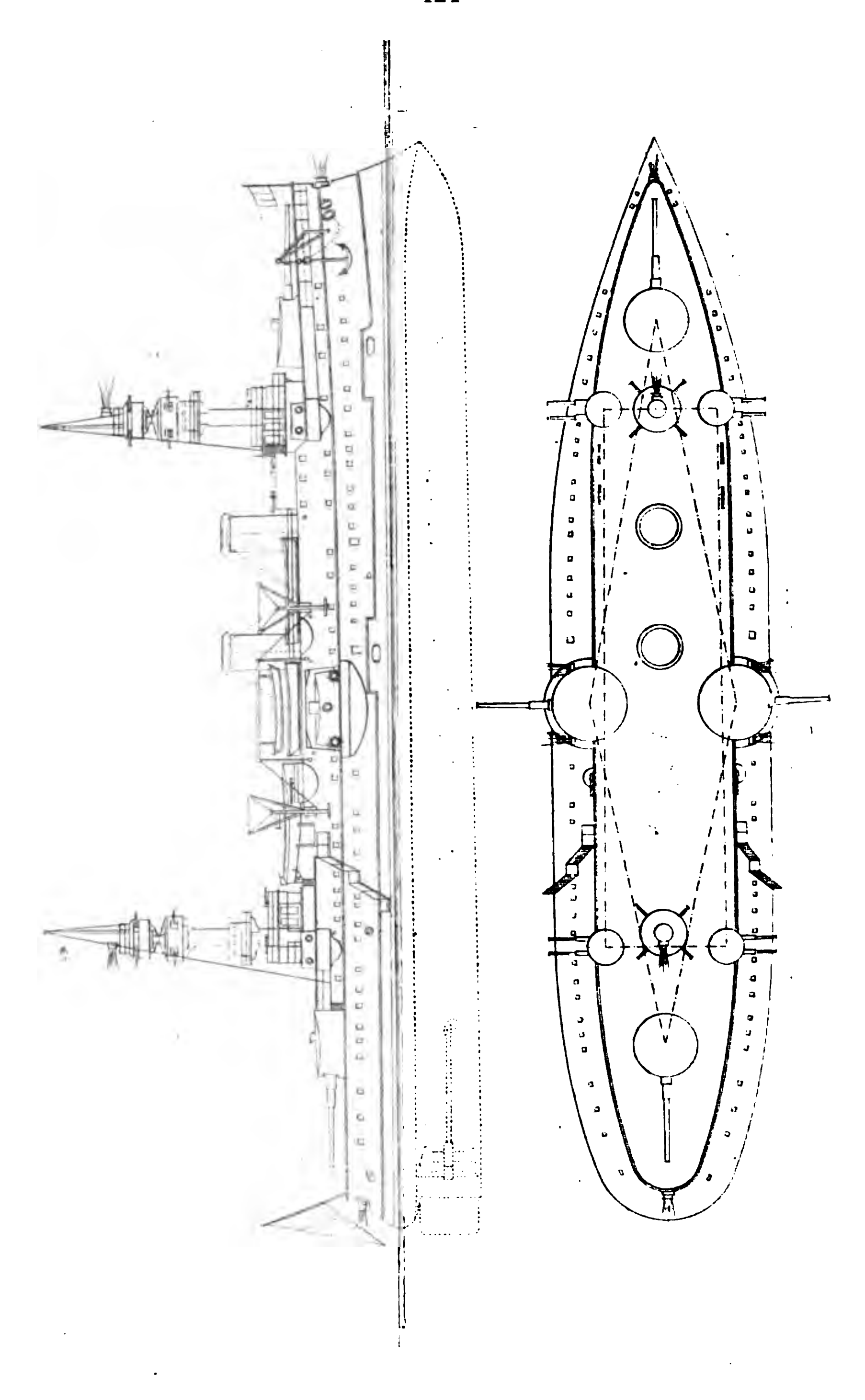
Les tourelles avec équilibrage et alimentation centrale des munitions, les affûts à récupérateurs et à manœuvre électrique sont du système Canet.

Le Jauréguiberry est un cuirassé d'escadre de 108,50 *m* de longueur, 11 818 *tx* de déplacement à deux hélices, mues par deux machines à triple expansion de 6 250 *chx* chacune, en tirage ordinaire. Il doit atteindre dans ces conditions une vitesse de 17 nœuds à l'heure, soit 31,500 *km.*

Il est armé à l'avant et à l'arrière de deux canons de 30 *cm,* sur les flancs, de deux canons de 27 *cm,* placés dans des tourelles et disposés en losange comme l'indique le plan *(page 424).*

Il porte en plus quatre tourelles renfermant chacune deux canons de 14 *cm* à tir rapide munis de la fermeture de culasse Canet. Les quatre tourelles des huit canons de 14 *cm* sont disposées en rectangle.

Cette disposition fort judicieuse, qui a été préconisée par M. Lagane, permet d'utiliser au mieux l'artillerie du bord. En effet, soit en chasse, soit en retraite, on dispose toujours au moins d'un canon de 30 *cm,* de deux de 27 *cm* et de quatre de 14 *cm.* Pour le tir de côté on dispose de deux canons de 30 *cm,* un de 27 *cm* et quatre de 14 *cm.*



Il y a en outre à bord, comme artillerie légère, quatre canons à tir rapide de 65 *mm*, douze de 47 *mm* et 18 canons-revolvers de 37 *mm*.

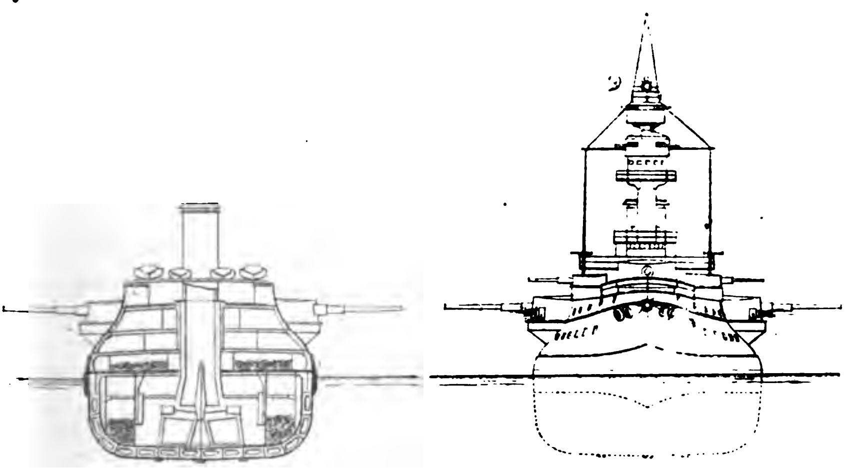
Enfin, six tubes lance-torpilles et huit projecteurs électriques complètent l'armement.

Quatre des tubes lance-torpilles à cuiller, en acier, sont placés, deux vers l'avant et deux vers le milieu dans l'entrepont cellulaire.

Les deux autres tubes en bronze sont sous-marins et d'une construction spéciale.

Ce sera la première fois, en France, que ce dispositif, fort curieux, sera appliqué.

Ce qu'il faut surtout remarquer, c'est que *le Jauréguiberry* est seulement le second navire de la marine française sur lequel toutes les manœuvres de tir seront faites par l'électricité substituée à la manœuvre hydraulique, usitée généralement jusqu'à ce jour.



Le premier bateau français sur lequel la combinaison des manœuvres à la main et électriques a été réalisée est le croiseur *le Latouche-Tréville* construit aussi par les Forges et Chantiers dans leurs ateliers du Havre et armés de tourelles du même système.

Les essais faits récemment au Havre et qui se poursuivent actuellement à Cherbourg sur ce navire, avec les appareils électriques, ont donné de bons résultats.

Bien des arguments plaident en faveur de cette application. L'électricité, en effet, est un agent qui se plie facilement aux exi-

gences multiples de l'installation d'un navire de guerre et dont voici les principaux avantages.

Les canalisations sont faciles à installer, peu encombrantes, relativement légères, suivent les parcours les plus sinueux, permettent de passer facilement d'un point fixe à un point mobile, etc., etc.

En cas d'avarie ou d'accident, localisés par l'emploi judicieux de coupe-circuits, les réparations sont rapides, faciles à faire, et n'affectent pas les autres parties du circuit qui peut continuer à fonctionner. Les machines génératrices peuvent en même temps servir à l'éclairage et réciproquement. Elles sont toujours prêtes à fonctionner ; on peut leur demander à un moment donné une production d'énergie plus grande que la moyenne normale. L'emploi des cuirs, des joints de toute nature, si difficiles à entretenir en bon état, des tuyaux nombreux et encombrants, tout cela est supprimé.

Enfin, tandis que, généralement, les appareils hydrauliques agissent par translation, l'électricité permet l'emploi d'appareils rotatifs, ce qui est précieux, car on peut ainsi, par un simple débrayage, passer de la manœuvre mécanique à la manœuvre à bras qui est, elle aussi, toujours rotative.

Inutile de dire que cette dernière est prévue partout et peut au besoin se substituer en quelques secondes à la manœuvre électrique.

Ces considérations et quelques autres qu'il serait trop long de développer ici avaient, dès 1889, conduit M. Canet à étudier et à appliquer ce système à bord du cuirassé chilien *Capitan Prat.*

Les essais furent des plus concluants et ce navire est à juste titre considéré comme un modèle du genre. Je n'en veux pour preuve qu'un ouvrage anglais, intitulé : *le Capitaine de la Marie-Rose*, paru il y a peu de temps. Dans cet ouvrage l'auteur décrit avec beaucoup de talent et une réelle science nautique, les péripéties d'une guerre navale dans la Méditerranée, entre la France et l'Angleterre.

La marine de cette dernière est sur le point de succomber lorsque le croiseur auxiliaire anglais *la Marie-Rose* (lisez *Capitan Prat*, car il est facilement reconnaissable) intervient dans la lutte et rend naturellement la victoire à nos bons amis d'Angleterre.

Sans aller aussi loin, il nous paraît certain que ce type de navire, des mieux étudiés, présente, par rapport à son tonnage, à sa

vitesse et à son armement, le maximum de force offensive et défensive.

A la suite des études faites pour *le Capitan Prat*, le département de la marine française confia à la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée la construction complète du *Jauréguiberry*, y compris les affûts, ne se réservant que la fourniture des pièces d'artillerie diverses. Les chantiers de la Seyne ont déjà construit *le Marceau*, *l'Amiral-Duperré*, *le Pelayo*, *le Cécille*, *le Capitan Prat*; ils ont en ce moment à construire *le Linois* et *le d'Entrecastreaux*.

En même temps, la marine entreprenait à Toulon, sur ses chantiers du Mourillon, la construction d'un autre cuirassé similaire, *le Lazare-Carnot*.

Commencé le 23 novembre 1891, *le Jauréguiberry* a été lancé le 27 octobre 1893, soit après vingt-trois mois de travail seulement, en présence de M. le Président de la République, de M. de Mohrenheim, ambassadeur de Russie, de l'amiral Avellan et son état-major, de nombreux officiers d'autres marines étrangères et d'une foule énorme de spectateurs.

Ainsi que nous l'avons dit, *le Jauréguiberry* a été lancé vingt-trois mois après sa mise en chantier. Il ne faut pas conclure de là qu'il est prêt à prendre la mer. Il est à peu près, coque et machine, au 60 centième d'avancement et, selon toute probabilité, pourra faire ses premiers essais vers la fin de juillet 1895, soit quarante-trois mois après la date de sa mise en chantier. C'est là un laps de temps fort court pour un travail aussi considérable.

Quant à son frère, *le Lazare-Carnot*, comme c'est un personnage officiel, il doit avancer avec plus de gravité, plus de formes et partant plus de lenteur. Autant que nous avons pu en juger en passant près des cales du Mourillon, il doit en être au 50 centième d'avancement et sera probablement lancé dans les premiers mois de 1894. Il y a là des considérations budgétaires et autres que nous croyons préférable de ne pas même effleurer.

Nous allons maintenant examiner un peu plus en détail :

1° La coque ;
2° Les chaudières ;
3° Les machines, arbres et hélices ;
4° L'armement.

I. — Coque.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	108,50 *m*
Largeur au maître bau, hors cuirasse.	22,15
Creux, de la quille au pont des gaillards . . .	14,63
Tirant d'eau, milieu	8,10
Tirant d'eau, arrière	8,45
Déplacement total	11 818 *tx*
Puissance normale des diverses machines. . .	13 000 *chx*
Vitesse prévue	17 nœuds

soit près de 31,500 *km* à l'heure.

Cette vitesse est, pour une masse aussi énorme, relativement considérable, et il y a quelques années, nos croiseurs légers l'atteignaient à peine. Il est à croire cependant que l'on ne s'arrêtera pas dans cette voie et que, dans un avenir rapproché, on sera forcément amené à l'augmenter encore. Ce sera certainement pour les cuirassés actuels, dont la vitesse ne dépasse pas 12 à 14 nœuds, une cause d'infériorité considérable.

A ce propos, il nous paraît utile de signaler en passant que nos croiseurs éclaireurs les plus récents ont donné de beaux résultats. On vient de faire à Cherbourg les essais du *Chevalier*, construit au Havre par notre collègue Normand et qui a réalisé la vitesse de 27 nœuds (soit 50,930 *km* à l'heure).

Dans notre récent voyage aux États-Unis, nous avons vu des petits bateaux de plaisance dits du type Fusée qui réalisaient couramment des vitesses de 30 nœuds (55,600 *km*). Mais comme ils sont de construction très légère, les avaries sont fréquentes.

Les poids du *Jauréguiberry* sont approximativement les suivants :

Coque . . .	Coque métallique	3 317,500 *t*	7 919,000 *t*
	Cuirasse et boulons. . . .	4 008,000	
	Accessoires	593,500	
Machinerie .	Machines	779,250	1 320,000
	Chaudières	421,150	
	Eau des machines et chaudières	119,600	
Armement .	Artillerie et torpilles . . .	994,900	2 316,600
	Combustibles	700,000	
	Mature militaire et agrès .	171,000	
	Aménagements et divers .	450,700	
Disponible prévu		262,730	262,730
	Total.		11 818,330 *t*

Le navire n'a pas, à proprement parler, de quille en fer, mais il est muni d'une fausse quille principale et de deux fausses quilles latérales, ces dernières ayant 46 *m* de longueur.

Le bordée de la coque est, jusqu'à la chaise de cuirasse en tôle d'acier, à clins alternés variant de 16 à 18 *mm* d'épaisseur. Au-dessus de la cuirasse, cette épaisseur est réduite à 8 et 10 *mm*.

Toute la partie située sous le pont cuirassé, c'est-à-dire les œuvres vives, est à revêtement intérieur ou double fond, sauf dans l'emplacement des machines et chaudières.

De plus, une série de 13 cloisons transversales et une grande cloison longitudinale centrale divisent le navire en nombreux compartiments étanches.

D'autres cloisons longitudinales latérales complètent le compartimentage ainsi que les soutes à charbon qui protègent plus spécialement les machines et les chaudières.

Le cuirassement se divise en deux parties. La cuirasse proprement dite ou ceinture de flottaison, régnant de bout en bout. Cette cuirasse, qui s'élargit en descendant vers l'éperon, a 2 *m* de hauteur au milieu, dont 1,50 *m* au-dessous du niveau de l'eau et 45 *cm* d'épaisseur. Aux extrémités, arrière et avant, cette épaisseur se réduit à 200 et 250 *mm*.

La cuirasse est reliée à un pont cuirassé de 70 *mm* d'épaisseur. Au-dessus se trouve, continuant la ceinture épaisse, une ceinture mince de 10 *cm* d'épaisseur et de 1,20 *m* de hauteur au centre. Cette ceinture se relève à l'arrière et à l'avant et atteint une hauteur de 2 *m* à l'étambot et de 3,20 *m* à l'étrave. Elle est plus spécialement destinée à faire éclater au dehors les projectiles à nouveaux explosifs.

II. — Chaudières.

Les chaudières multitubulaires, du système Lagrafel et d'Allest, sont au nombre de vingt-quatre corps répartis en douze groupes de deux corps chacun dans six chaufferies. Elles sont timbrées à 15 *kg* essayées à froid à 21 *kg* et sont en tôle d'acier Siémens-Martin avec tubes en fer homogène.

La surface de grille totale est de 100 m^2 et la surface de chauffe de 3 260 m^2.

La production de vapeur, sans faire usage du tirage forcé, doit répondre à une puissance totale de 13 200 *chx* nécessaires pour alimenter les machines motrices et les machines diverses auxi-

liaires. Elle doit pouvoir être portée à 14 200 *chx* dans l'épreuve à outrance.

La consommation de charbon prévue varie de 0,700 à 0,950 *kg* par cheval-heure, suivant la force développée à la machine de 8 000 à 14 200 *chx*, soit environ en moyenne 110 *kg* par mètre grille heure et en tirage forcé probablement 150 *kg*.

Si nous rapprochons ces chiffres des consommations par cheval-heure du poids d'approvisionnement en combustibles, il est à remarquer que ce dernier suffit à assurer la marche pendant 100 heures environ avec une force de 8 000 *chx* et de 50 heures seulement pour une force de 13 000 *chx* correspondant à la vitesse de 17 nœuds et représentant une distance franchie de 867 milles marins, soit 1 600 *km*.

Aux États-Unis on procède en ce moment aux essais d'un croiseur dit croiseur à grand vol le *Columbia*.

Ce navire, que nous avons vu lors de notre voyage aux États-Unis, déplace 7 350 *tx*, est mu par des machines donnant 22 000 *chx* actionnant trois hélices et lui imprimant une vitesse de 21 nœuds en service (1). L'approvisionnement de charbon, qui est normalement de 1 200 *t*, peut être porté à 2 200 et assure alors à ce croiseur, d'après les dires de ses constructeurs, la possibilité de faire, à vitesse réduite, 16 000 *milles*, soit près de 29 000 *km* sans être obligé de se réapprovisionner. Il est vrai que cette extension du rayon d'action est obtenue au détriment de la force défensive. Mais l'objectif de ce navire est en réalité celui d'un corsaire, et il y a là une tendance intéressante à signaler (2).

Les six chaufferies du *Jauréguiberry* sont séparées entre elles par des cloisons longitudinales et transversales étanches.

Les chaudières sont alimentées par douze machines Thirion puisant l'eau dans des bâches à travers des filtres à éponge.

En cas de tirage forcé, l'air est fourni par des ventilateurs placés dans le faux-pont.

Enfin, quatre bouilleurs pouvant produire ensemble 62 300 *l* en vingt-quatre heures sont destinées à réparer les pertes d'eau douce.

Les fumées sont évacuées par deux cheminées compartimentées en tôle d'acier de 5 *mm* d'épaisseur dont la hauteur totale, au-dessus des grilles, est de 23 *m*.

(1) Dans des essais faits récemment, ce croiseur a donné 23,5 nœuds.

(2) Voir Procès-verbal de la séance du 10 novembre 1893, p. 410.

Voici les dimensions des chaudières (système Lagrafel et d'Allest :

Nombre de corps.	24
Nombre de foyer par corps	1
Surface de grille par foyer.	4,20 m^2
Surface totale de grille	100,80 m^2
Surface de chauffe par corps.	135,60 m^2
Surface totale.	3 260,40 m^2
Diamètre extérieur des tubes	80 *mm*
Nombre des tubes par chaudière. . . .	213
Longueur entre plaques	2,45
Nombre total des tubes.	5 112
Volume total de l'eau.	81,600 m^3
Volume total de la vapeur.	83,300 m^3

Les poids prévus sont les suivants :

Pour les 24 générateurs proprement dits	235 000 *kg*	472 300 *kg*
Boites à fumée, cendrier autels	99 000	
Machines alimentaires, parquets, etc . .	138 300	
Eau des bâches, des condenseurs, des chaudières, etc.		119 600
TOTAL des chaufferies.		591 900 *kg*

III. — Machines, Arbres, Hélices.

MACHINES

L'appareil moteur se compose de deux machines à pilon à triple expansion, actionnant chacune une hélice.

La puissance de chaque machine en tirage naturel doit être de 6 250 *chx*, soit 12 500 *chx* pour les deux machines devant imprimer au navire, avec 97 tours à la minute, une vitesse de 17 nœuds à l'heure.

En tirage forcé, la puissance maxima sera portée, pour les deux machines, à 14 200 *chx*.

Les petits cylindres reçoivent directement la vapeur des chaudières à la pression de régime de 12 *kg*.

Celle-ci est ramenée dans le moyen et le grand cylindre à 6 *kg* et 4 *kg* par l'intermédiaire d'un détendeur.

Les tiroirs, mus par un système de distribution Stéphenson, avec mise en train à vapeur du type des Forges et Chantiers, se-

ront cylindriques pour le petit et le moyen cylindre et de forme ordinaire pour le grand cylindre qui sera muni de deux tiroirs.

Les pistons sont en acier moulé ou forgé avec bagues et couronne en fonte dure.

La machinerie comprend, en plus, les appareils de servitude, les condenseurs, les détendeurs, les pompes de cales, les ventilateurs et les machines auxiliaires diverses.

La puissance est ainsi répartie :

Deux machines principales ensemble.	12 500 *chx*
Machines auxiliaires.	625
	13 125 *chx*

Voici les dimensions principales des machines motrices :

Petit cylindre haute pression, 12 *kg* diamètre .	1,100 *m*
Moyen cylindre moyenne pression, 6 *kg* . . .	1,630
Grand cylindre basse pression, 4 *kg*	2,465
Course commune des pistons	1,120
Nombre de tours par minute environ	97
Vitesse des pistons	3,621
Introduction en fraction de la course. . . .	0,66

Condenseur (un par groupe).

Surface réfrigérante par condenseur	830 m^2
— par cheval de 75 *kgm*	0,1265

Pompe à air (deux pour chaque groupe).

Système vertical, simple effet, deux clapets.

Diamètre des pistons.	0,750
Course.	0,425
Nombre de tours	164
Vitesse des pistons	2,323
Volume théorique débité par deux pompes et par heure	3 694,5 m^3
Volume théorique par heure et par cheval de 75 *kgm*:	562,9 *l*

Pompes de circulation (une par groupe).

Diamètre	1,250
Tours par minute.	164
Volume par heure et par pompe	2,984 m^3
Volume par heure et par cheval de 75 *kgm*.	220 *l*

Pompes alimentaires (système Thirion).

Nombre.	12
Débit par pompe et par heure	22 000 *l*
Débit pour les douze pompes	264 000
Débit par heure et par cheval de 75 *kgm* . .	20,114

Arbres.

Diamètre des arbres à manivelle	0,440 *m*
Forés à un diamètre de.	0,200
Diamètre des arbres intermédiaires	0,430
Forés à un diamètre	0,200
Diamètre des arbres porte-hélices.	0,490
Forés à un diamètre de.	0,360
Poids de la ligne d'arbres 84 000 *kg*.	
Diamètre des grandes bielles	0,225/215
Longueur — —	2,240
Rapport à la manivelle	4

ARBRES

Les arbres moteurs sont en deux pièces, l'une à deux coudes, l'autre à un seul. Les coudes sont à 120° l'un de l'autre.

Les arbres de transmission sont tous forés.

Des débrayages et des freins sont installés sur chaque ligne d'arbre en vue de la marche avec une seule hélice.

Les arbres porte-hélices passent à l'extérieur du navire dans deux tubes en acier moulé, solidement fixés chacun, d'un bout à la carène, et porté de l'autre, à la partie arrière, par une pièce en < reliée solidement à la quille et à la voûte arrière.

HÉLICES

Les hélices, au nombre de deux, sont en bronze manganèse, dit bronze Roma, et parfaitement polies.

Les essais du métal des hélices ont donné comme résultat :

Résistance à la traction		42 *kg*
— élastique		12
Allongement		18 0/0
Elles sont à quatre ailes, d'un diamètre de. .	D	5,800 *m*
Pas	H	6,10
Rapport du pas au diamètre	$\frac{H}{D}$	1,036

Résistance relative. . . . . $\frac{B^2}{2\,D^2}$ 2,437

Et pèsent ensemble. . . . . 19 000 *kg*

Nous laissons de côté la description des arrangements des pompes de cales, pompes destinées à combattre les voies d'eau, et tous les autres aménagements qui ne présentent rien d'absolument spécial et nous abordons maintenant la question de l'armement.

Armement.

Ainsi que nous l'avons dit en commençant, *le Jauréguiberry* est armé, comme grosse artillerie, de deux canons de 30, l'un en chasse, l'autre en retraite, et de deux canons de 27 sur les côtés, placés dans des tourelles et disposés en losange.

Quatre autres tourelles disposées en rectangle, deux de chaque bord, renferment chacune deux canons de 14, soit huit pièces.

En plus de ces grosses pièces, l'armement comporte un certain nombre de canons à tir rapide de 65 et de 47, ainsi que des canons-revolvers de 37, placés sur les ponts supérieurs, roofs et mâts militaires.

Nous allons examiner les principales dispositions des tourelles de la grosse et de la moyenne artillerie.

Le croquis schématique ci-dessus montre la disposition des parties fixes et mobiles des tourelles pour canons de 30 et de 27.

Les tubes servant de passage aux munitions des tourelles des canons de 30 et de 27, sont protégés par des plaques d'une épaisseur de 320 *mm*, ce qui, avec l'épaisseur du tube, assure une protection de 350 *mm*.

La cuirasse verticale de la tourelle, tant dans la partie fixe que dans la partie mobile, a une épaisseur de 370 *mm*.

Pour les canons de 14, ces épaisseurs sont réduites à 120 et 100 *mm*.

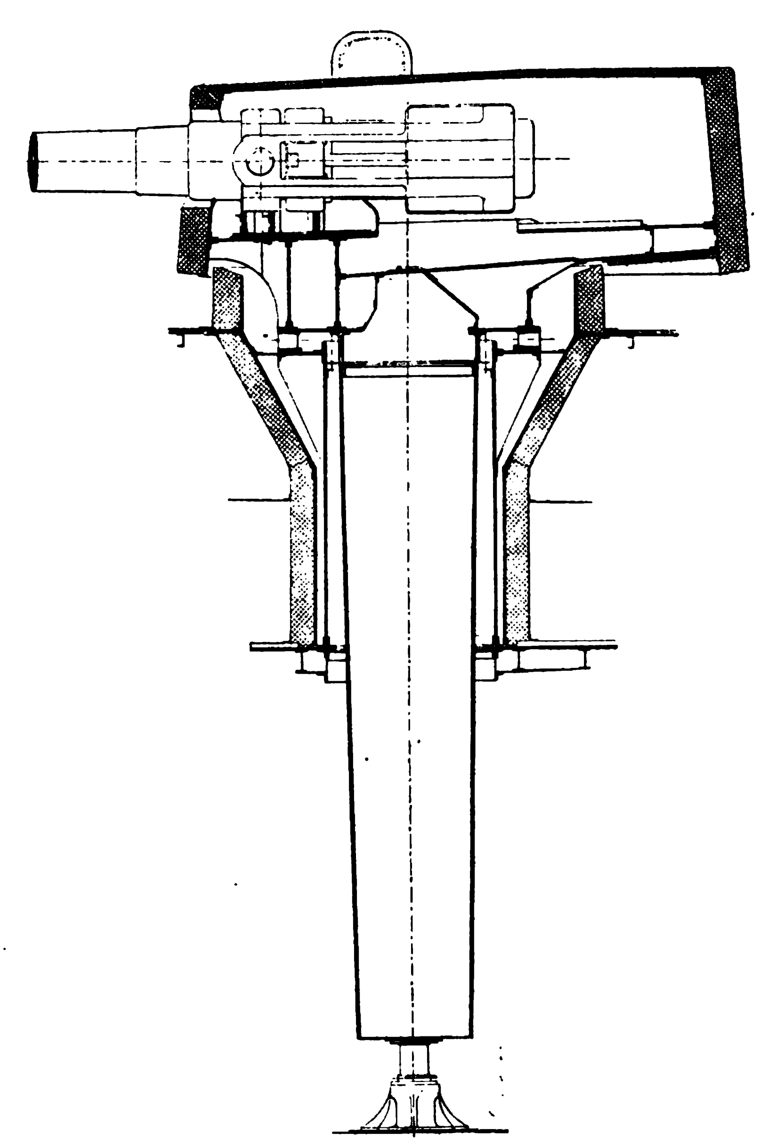
L'abri du commandant, qui a une forme elliptique, dont le grand axe est de 2,200 *m* et le petit de 1,900 *m*, est protégé par des plaques de 220 *mm*.

La rapidité du tir doit être, pour les canons de 30, de 1 coup par 4 minutes 1/2.

Pour les canons de 27, de 1 coup par 4 minutes.

Et pour les canons de 14, elle pourra arriver à 5 coups par minute et par pièce.

Ces chiffres représentent, comme quantité de fer lancé, dans ce laps de temps de 4 minutes 30, quand le navire tire par côté,



3000 *kg*, en supposant que pendant ce laps de temps les pièces de 14 aient tiré continuellement à raison de 5 coups par minute.

Dans ce poids, nous n'avons pas fait rentrer en ligne de compte les projectiles que pourront lancer les canons de 65 *mm*, 47 *mm* et 37 *mm*.

Enfin les tubes pour le passage des munitions de l'artillerie à tir rapide, au nombre de 4, sont en acier durci et ont une épaisseur de 30 *mm*.

Pour faire connaître maintenant le dispositif des affûts des canons de 30 et de 27, ainsi que la manœuvre électrique des tourelles et des pièces, nous ne croyons pas pouvoir mieux faire que d'emprunter au journal spécial *la Marine de France* une partie de la note très complète qui a paru dans les numéros des 4 et 11 juin 1893 et qui décrit l'artillerie du *Capitan Prat.*

Les affûts se composent d'un manchon reculant avec le canon et qui porte les deux cylindres de frein. Ce manchon glisse dans l'intérieur d'un cadre fixe formé par un collier placé à hauteur des tourillons et un autre collier placé à l'arrière et relié au premier par deux longrines qui servent de glissières au manchon de frein. Les longrines portent, à l'avant, les tourillons qui reposent sur des supports en tôlerie fixés sur la plate-forme mobile de la tourelle.

Les freins sont du système à contre-tige centrale dont le fonctionnement très régulier est bien connu.

La disposition adoptée pour le retour en batterie est caractérisée par l'emploi de récupérateurs à air comprimé qui remplacent les ressorts ou l'eau sous pression.

La pression normale de l'air comprimé dans le récupérateur doit être telle, qu'agissant par l'intermédiaire du liquide sur le fond des cylindres de frein, elle maintienne le canon en batterie sous son angle de pointage positif maximum.

Au moment du tir, le mouvement de recul du manchon d'affût, entraîné avec le canon, fait pénétrer les tiges de piston de frein dans les cylindres. Un volume de liquide, égal au volume de ces tiges, est donc chassé au dehors et se rend, en soulevant la soupape de communication, dans le récupérateur en comprimant l'air à la partie supérieure.

A la fin du recul, la soupape de communication retombe sur son siège, et le retour en batterie se fait instantanément ou à la volonté des servants, suivant qu'on a ouvert ou non le conduit de la boite à soupape.

La disposition spéciale de l'affût et la répartition des poids a

permis d'équilibrer l'ensemble autour des tourillons, ce qui a comme conséquence de diminuer beaucoup l'effort qu'exige la manœuvre du pointage en hauteur.

Pour faire ce pointage en hauteur, on actionne, au moyen d'engrenages, deux écrous fixés sur la plate-forme de la tourelle et dont la rotation fait monter ou descendre deux fortes vis à filets carrés articulées directement de chaque côté sur les longrines de l'affût.

On passe du pointage à bras au pointage à la main par un simple débrayage.

Le refoulement des projectiles et des gargousses se fait également à bras.

Les tourelles sont à chargement central ; elles sont équilibrées autour de leur axe, et, dans ce but, on leur a donné une forme ovoïde qui permet de réaliser une sensible économie de poids.

Le pointage en direction est commandé de la guérite du poin teur. Il se fait à bras ou par moteur électrique.

Deux moteurs symétriquement placés par rapport à l'axe de la tourelle font tourner, par l'intermédiaire de vis sans fin, deux pignons-galles diamétralement opposés. La rotation des pignons détermine le mouvement de la tourelle au moyen de deux chaînes-galles qui viennent embrasser le tube central sur des tambours d'entraînement superposés.

Le but de ce dispositif, qui se trouve sous le pont cuirassé, est de faire agir sur les tubes, pour obtenir la rotation, un couple au lieu d'une force unique, ce qui permet d'éviter les efforts latéraux et de réduire par suite les frottements sur les colliers-guides au minimum.

Le monte-charge est actionné à l'aide d'un treuil électrique commandé par un moteur fixé sur le tube à l'extérieur au-dessous du pont cuirassé et, par conséquent, mobile avec la tourelle.

Le chargement peut se faire dans toutes les positions. Le pointeur peut ainsi suivre le but et il n'est pas nécessaire que le canon revienne constamment dans la même position de chargement, ce qui entraîne une perte de temps considérable.

Canons de 14 *cm*. — Les huit canons de 14 *cm* à tir rapide sont montés deux à deux sur affûts jumeaux.

Ces affûts sont pourvus d'un système de récupérateur à ressorts pour la rentrée automatique en batterie. Les deux châssis sont placés côte à côte sur une même plate-forme. Les affûts

sont installés dans des tourelles fermées de forme allongée équilibrées autour de leur axe de rotation.

Le pointage en hauteur est distinct pour chacun des canons.

Le pointage en direction s'exécute à bras ou par moteur électrique. Dans les deux cas on agit par l'intermédiaire de vis sans fin ou d'engrenages différentiels sur une circulaire dentée fixée sur le pont du navire.

Les tourelles sont à chargement central pour toutes les positions ; les cartouches sont élevées à l'aide d'une noria qui les dépose automatiquement en arrière du canon.

Nous donnons ci-après la description des appareils du *Capitan Prat*, auxquels ceux du *Jauréguiberry* sont analogues.

I. Pointage latéral. — Le pointage latéral se fait à bras ou électriquement en actionnant directement le tube à la partie basse.

La chambre de manœuvre est placée à l'abri, sous le pont cuirassé, au-dessus des soutes à munitions, mais le pointage est commandé directement, de la guérite du pointeur, au moyen d'un dispositif spécial qui permet de maintenir constamment les fils de la canalisation principale, alimentant les moteurs, à l'abri sous le pont blindé.

Les deux moteurs tournent à la même vitesse et donnent un effort constant ; ils sont excités en dérivation indépendante.

Ces moteurs sont des dynamos bipolaires à anneau Gramme. Un dispositif spécial maintient l'angle de calage absolument invariable.

La commande se fait au moyen d'un système de deux commutateurs dont l'un est placé en bas à côté du moteur et l'autre en haut, dans la tourelle, à portée de la main du pointeur. Le premier suit instantanément le mouvement du second commutateur auquel il est asservi d'une façon absolue par une commande électrique et envoie directement le courant aux anneaux des moteurs ; il produit les mises en marche dans un sens ou dans l'autre, les changements de vitesse et les arrêts. Pour produire cet arrêt avec toute la rapidité désirable, ce qui a une très grande importance dans le cas présent, on transforme les moteurs en freins puissants en leur faisant débiter dans une résistance convenable un courant de très grande intensité, utilisant en cela la réversibilité des moteurs en génératrices.

Le commutateur du haut, servant seulement à la commande

du commutateur du bas, n'est traversé que par un courant de faible intensité ; aussi son volume est très faible et l'encombrement dans la tourelle réduit au minimum. Il est porté par une colonne sur le côté droit dans la tourelle.

Cet appareil porte un levier disposé pour la marche droite et gauche, et revenant automatiquement au zéro dès qu'il est abandonné à lui-même ; il permet en outre de donner à la tourelle quatre vitesses différentes. Il est employé en général pour les mouvements de grande amplitude et pour dégrossir le pointage que l'on rectifie au moyen de deux boutons commandant, l'un la marche à droite, l'autre la marche à gauche. La manœuvre se fait alors en appuyant sur ces boutons comme sur un manipulateur de télégraphe, en faisant des pressions brèves ou longues, on envoie ainsi le courant dans les moteurs pendant un temps variable suivant la durée de la pression ; on peut par ce moyen donner aux moteurs de très courtes impulsions et produire des déplacements aussi faibles qu'on le veut. Un homme exercé donne des déplacements angulaires de 1/10 de degré seulement.

Les avantages de ce dispositif sont les suivants : une protection complète de tous les mécanismes et appareils de commande directe, une plus grande liberté de manœuvre à l'intérieur de la tourelle et moins de chances d'avaries à la commande de pointage latéral, car le commutateur du pointeur ainsi que la canalisation qui y aboutit ayant un volume très réduit offrent moins de prise aux coups de l'ennemi.

De plus, les seuls fils électriques qui se trouvent au-dessus du pont cuirassé sont ceux de la commande du commutateur du bas, leur rupture, ou un court-circuit produit accidentellement entre eux ne pourrait, en aucun cas, causer d'avarie, car un coupe-circuit automatique placé en tête de cette canalisation couperait le courant et isolerait la section avariée avant qu'il ait pu se produire le moindre dégât. Dans tous les cas la réparation de cette ligne ne demanderait que peu de temps et, malgré sa rupture, on pourrait continuer à manœuvrer électriquement en agissant à la main sur le commutateur du bas au commandement du pointeur.

La sécurité de manœuvre est complète ; elle est obtenue par le retour rapide du commutateur à zéro, dès que le pointeur cesse toute action sur son manipulateur ; on emploie également, dans le même but, deux interrupteurs manœuvrés à fin de course par des butées placées sur le tube même, les interrupteurs cou-

pent le courant de commande du commutateur principal qui revient instantanément à zéro et stoppe les moteurs.

Chaque interrupteur commande, l'un la marche à droite, l'autre la marche à gauche, et leur manœuvre produit, outre l'arrêt, l'impossibilité de la mise en marche dans le sens appuyant la tourelle sur la butée malgré une fausse manœuvre du manipulateur par le pointeur.

Pour passer de la manœuvre électrique à la manœuvre à bras, il suffit de couper le courant dans les anneaux et l'excitation, et de relier par une transmission par pignon et chaîne-galle les arbres des dynamos à l'arbre des manivelles; on entraîne l'anneau qui fait simplement l'office de volant, car il ne présente aucune résistance au mouvement, par suite de la suppression de l'excitation; le mode d'action sur le tube est alors le même qu'avec les moteurs électriques.

II. Monte-charge. — Le monte-charge est également manœuvré électriquement.

III. Distribution de l'électricité. — Les moteurs électriques sont alimentés par deux canalisations distinctes: l'une pour les excitations, l'autre pour les anneaux; ces canalisations forment deux circuits: circuit tribord et avant, circuit bâbord et arrière.

La canalisation desservant les excitations est toujours alimentée à 70 volts, car on peut marcher avec les machines d'éclairage qui sont à 70 volts et l'excitation du moteur doit rester invariable quelle que soit la vitesse de rotation.

Les anneaux peuvent recevoir du courant soit à 140 volts, soit à 70 volts; le fonctionnement à 140 volts correspond à la marche normale; ce voltage a été employé afin de réduire les poids des moteurs et des génératrices; à 70 volts, les moteurs vont à demi-vitesse, c'est le cas de la marche avec les dynamos génératrices d'éclairage.

Aux manœuvres d'artillerie sont affectés deux ensembles électrogènes spéciaux, indépendants des génératrices pour la lumière; ils comprennent chacun:

1 moteur horizontal compound actionnant directement 2 dynamos compound de 500 ampères 70 volts; ces dynamos, montées en série, peuvent fournir du courant, à 70 ou à 140 volts à volonté, au moyen d'un distributeur spécial, et en cas d'avarie de l'une d'elles on peut l'isoler complètement; en outre, si un ensemble est hors de service on peut encore exécuter toutes les

manœuvres des tourelles avec l'autre groupe en alimentant tout à 70 volts, mais la vitesse est réduite de moitié comme dans le cas où on fait usage seulement des dynamos d'éclairage.

Enfin, il faut mentionner que le navire est entièrement éclairé à la lumière électrique.

Il est prévu pour cela 550 lampes environ de 10 bougies ou leur équivalent pour l'éclairage, les feux de route, de signaux, de position, etc.

En outre, huit projecteurs Mangin de 60 *cm* sont disposés pour donner à volonté 1 600 à 3 000 becs.

Ces projecteurs sont très judicieusement installés.

En effet, par suite des dispositions adoptées jusqu'à présent, il restait toujours autour des cuirassés une zone obscure de 40 à 50 *m*, dans laquelle ils ne pouvaient faire pénétrer les rayons des projecteurs, et souvent les torpilleurs arrivaient à se jeter dans cette zone, où ils étaient en quelque sorte à l'abri. Il n'en sera plus de même pour *le Jauréguiberry*.

Grâce à l'installation des projecteurs, un à l'avant, un autre à l'arrière, deux dans les mâts militaires et deux autres en encorbellement sur chacune des tourelles de côté, la ceinture lumineuse protégeant le navire est absolument complète.

Comme la plupart de nos cuirassés d'escadre, il est du type haut qui se différencie par la hauteur des murailles d'avant et d'arrière du type bas; c'est à ce dernier type qu'appartenait le *Victoria*, de la marine anglaise.

Le type bas et le type à plage présentent souvent, par grosse mer, bien des inconvénients constatés sur les bateaux du type *Requin*, *Furieux*, *Caïman*, etc.

Mais ce qui caractérise surtout *le Jauréguiberry*, c'est que ses constructeurs ont su éviter de le charger dans les hauts de ces énormes superstructures que l'on remarque sur les bateaux type *Hoche*. Ces constructions seront, pendant le combat, une cause certaine de difficultés, lorsque, quelques obus les ayant démolies, les cloisons et les tôles légères qui les forment viendront encombrer les ponts inférieurs de débris métalliques dont on ne pourra se débarrasser.

De l'étude de ces quelques notes, il nous paraît résulter que *le*

Jauréguiberry sera certainement un des meilleurs cuirassés de nos escadres.

Conçu sur un plan unique, chaque installation étudiée et faite en vue des conditions qu'elle a à remplir et de celles que les installations voisines peuvent lui imposer, rapidement construit, sans avoir subi ces modifications perpétuelles qui trop souvent sont, pour les navires construits dans nos arsenaux, une cause de retards et de dépenses énormes, ce navire fait grand honneur aux Forges et Chantiers de la Méditerranée et à M. Lagane, qui en a dressé les plans, ainsi qu'aux Ingénieurs qui l'ont aidé dans l'exécution.

Aussi est-ce avec une véritable joie que tous ceux qui ont collaboré à cette œuvre ont vu, le jour du lancement, M. le Président Carnot remettre des médailles aux principaux contremaîtres et ouvriers, et attacher la croix de la Légion d'honneur sur la poitrine de M. Fournier, l'Ingénieur qui a dirigé la construction.

SOUVENIRS ET MÉMOIRES

AUTOBIOGRAPHIE DE J.-DANIEL COLLADON

COMPTE RENDU

PAR

M. A. MALLET

Dans la séance du 7 juillet dernier, M. le Président Jousselin, dont la Société ne pouvait s'attendre à porter si vite le deuil, en annonçant le décès de notre doyen d'âge, le vénérable Daniel Colladon, voulait bien nous charger de rédiger pour le Bulletin une notice nécrologique sur cet éminent collègue. Nous acceptâmes avec empressement cette tâche, la considérant avant tout comme un devoir de reconnaissance envers un homme qui nous honorait de son amitié et pour lequel nous avions, en retour, autant de sincère admiration que de respectueux attachement.

Peu de temps après, M. le docteur P. Dunant, gendre de l'illustre défunt, nous informait que les Mémoires et Souvenirs, à la rédaction desquels son beau-père avait consacré les dernières années de sa vie, allaient paraître et que deux des premiers exemplaires seraient réservés pour la Société des Ingénieurs Civils de France et pour nous. Cette promesse ne tarda pas à recevoir son accomplissement. Lorsque nous reçûmes ce précieux don des mains de M. Dunant, nous ne pûmes nous empêcher de témoigner autant de surprise que de satisfaction. Nous avions vu souvent, dans nos dernières visites, M. Colladon occupé de ce travail qui l'absorbait beaucoup; mais nous ne soupçonnions pas l'importance de cet ouvrage qui constitue un véritable monument.

Dans ces conditions, nous ne pouvions songer à donner dans le

Bulletin de la Société une notice qui eût été bien pâle à côté des propres Mémoires de M. Colladon, et il nous a paru que le mieux était de faire de ces Mémoires un compte rendu un peu détaillé qui permît d'en laisser juger l'intérêt et l'importance. C'était une solution d'autant plus admissible que nous avions déjà reproduit, dans la Chronique de juin dernier, une notice abrégée, mais très bien faite, publiée par le *Journal de Genève* au lendemain de la mort de notre collègue, notice qui a également été insérée dans le Bulletin de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

L'autobiographie dont nous nous occupons a été rédigée par son auteur à la sollicitation de sa famille et de ses amis, désireux de conserver les souvenirs d'un homme qui avait beaucoup vu et et beaucoup fait, et qui se plaisait à raconter, avec un charme extrême et une mémoire extraordinaire, les événements de sa vie si bien remplie. Ces souvenirs étaient dictés par lui d'abondance à un secrétaire (1), sans le secours de notes, sauf pour les citations ou les faits techniques ou scientifiques qui avaient besoin d'une rigueur absolue. M. Colladon se rappelait les moindres détails de sa jeunesse et même de son enfance, à quatre-vingts ans de distance, avec une sûreté incroyable ; il se préoccupait beaucoup plus de la clarté et de l'exactitude des faits que de l'élégance du style ; aussi reconnaît-on immédiatement, à la lecture de ces Mémoires, qu'ils émanent d'un ingénieur et d'un homme pratique. Une remarque qu'on ne peut manquer de faire est la suivante : les débuts de M. Colladon ont été ceux d'un homme porté aux recherches de la science pure, et sa carrière a été celle d'un ingénieur et presque d'un industriel. Ce changement est, en grande partie, dû au passage du défunt par l'École Centrale, ainsi qu'il résulte d'une lettre de lui à M. Pothier, lettre insérée dans l'*Histoire de l'École Centrale* de ce dernier, pages 474 et suivantes; ce passage a évidemment exercé une influence décisive sur la carrière de notre vénéré collègue.

Jean-Daniel Colladon était né à Genève le 15 décembre 1802, par conséquent sous la domination française, d'une famille genevoise remontant à un Germain Colladon, ayant quitté Bourges en Berry vers le milieu du XVIe siècle, pour fuir les persécutions contre les protestants. Le père de l'auteur, régent, c'est-à-dire profes-

(1) L'ordre chronologique n'est pas toujours rigoureusement suivi; ce défaut est une conséquence de la manière dont l'auteur dictait ses souvenirs à mesure qu'ils lui venaient, ne pouvant écrire lui-même pour les raisons qui seront indiquées plus loin. La famille a tenu pieusement à ne rien changer dans l'impression de l'ouvrage.

seur, au collège de Genève, voué par état à la littérature grecque et latine, mais possédant à côté des connaissances générales, surveilla sa première éducation et lui inculqua le goût des exercices corporels qu'il avait lui-même au plus haut degré. L'enfant cultiva donc avec ardeur la gymnastique, l'équitation, la natation, le patinage et même la boxe, exercices dont plusieurs lui furent très utiles dans sa carrière; il raconte comment la dernière le préserva, dans une occasion, contre une attaque brutale, tandis que la gymnastique lui sauva la vie plus tard à Lyon, lors du montage des machines du bateau à vapeur *le Papin*. Une corde qui retenait un des cylindres s'étant rompue, ce dernier, suspendu à un palan, allait écraser l'ingénieur contre la muraille du bateau, si celui-ci n'avait eu la présence d'esprit et l'adresse de sauter à cheval sur le cylindre.

Nous passerons rapidement sur la partie relative à l'enfance de Colladon, partie qui fourmille de souvenirs de la vie de famille, de détails sur l'occupation française et les événements qui la terminèrent à la fin de 1813, etc.; il y raconte les impressions d'un voyage en Suisse et en Alsace, où il visita, à Wesserling et à Mulhouse, des filatures et des ateliers d'impression sur étoffes qu'il devait revoir plus tard avec un tout autre intérêt.

Le jeune Colladon était au collège le camarade et l'ami intime de Sturm, fils d'un régent d'arithmétique d'origine strasbourgeoise. Sturm avait une extrême facilité de travail, et les jeunes gens repassaient ensemble leurs leçons et étudiaient pendant les vacances. « Notre but, dit M. Colladon, était surtout de devenir membre de l'Académie des Sciences de Paris; nous ne nous doutions pas alors qu'il fallait être Français pour être membre de l'Académie des Sciences de Paris, ni de toutes les difficultés qu'il faut pour acquérir le droit de porter ce titre; cependant, toutes ces difficultés ont été vaincues. M. Sturm, s'étant fait recevoir Français, est devenu membre de l'Académie des Sciences, et moi, plus tard, j'ai été correspondant de la même Académie, à laquelle j'ai envoyé un grand nombre de Mémoires (1). »

En 1819, Sturm perdit son père et, obligé de subvenir à ses besoins et à ceux de sa mère, trouva, par l'appui de ses amis, notamment de la famille Colladon, la place de précepteur du fils

(1) Colladon fut nommé correspondant de l'Académie des Sciences pour la section de mécanique en 1876. L'Académie a, dans la séance du 4 décembre 1893, fait choix pour lui succéder de M. N. Riggenbach, le constructeur si connu du chemin de fer du Righi, promoteur des chemins de fer à crémaillère.

de Mme de Staël (1) aux appointements de 60 louis par an, il suivit alors à Paris la famille de Broglie. Cette séparation ne rompit pas les relations des deux amis ; elle donna lieu à une correspondance très suivie dans laquelle Sturm raconte ses impressions sur Paris, parle des hommes en vue et des savants qu'il rencontre dans les salons de M. de Broglie, alors un des soutiens du parti libéral à la Chambre des Pairs ; la question scientifique n'est pas négligée. Sturm exprime son admiration pour Poncelet dont il a lu l'ouvrage *sur les propriétés projectives des figures*. Il veut écrire lui-même un mémoire sur la question pour le présenter à l'Institut et il en indique les bases à son ami. Ces lettres, reproduites dans les *Mémoires et Souvenirs*, sont très intéressantes.

En sortant du collège, le jeune Colladon alla passer deux ans dans la pension Humbert où il s'occupa surtout de physique et de chimie. Son goût pour ces sciences se traduisait même par des expériences dont certaines auraient pu avoir des conséquences fâcheuses.

Colladon et quelques-uns de ses amis, dont plusieurs se sont fait un nom, fondèrent alors une Société de philosophie où on ne pouvait être reçu qu'en lisant un mémoire original. Cette Société se réunissait en hiver tous les huit jours. On y invitait quelques professeurs ou hommes instruits. Dumas était un des plus assidus. Arrivé d'Alais à Genève en 1817, il travaillait dans la pharmacie Leroyer, mais en même temps il suivait les cours de l'Académie et faisait des essais dans le laboratoire de cet établissement. Il avait déjà fait avec Prevost des travaux sur des sujets de physiologie animale qui avaient fait connaître son nom. Il quitta Genève en 1822 pour Paris, où des lettres de recommandation de M. de Candolle le firent prendre par Thenard pour préparateur de son cours de chimie à l'École Polytechnique. Ce fut le point de départ de la fortune du célèbre savant.

A cette époque, Colladon dut remplir un devoir dont aucun Suisse n'était exempt déjà alors. Il dut *camper*. Le nom de camp était donné à Genève à la période obligatoire mais courte de service militaire, parce que les milices genevoises l'accomplissaient sous la tente à quelque distance de la ville. Cette corvée ne paraît pas avoir été bien pénible pour Colladon, si on en juge par les anecdotes qu'il rapporte et dont l'une montre comment l'incorrigible expérimentateur risqua d'être puni pour avoir mis du phosphore

(1) Mme de Staël avait épousé en secondes noces M. de Rocca. Il s'agit ici d'un fils issu de ce mariage. On sait que la fille du premier lit était mariée au duc de Broglie.

dans sa giberne. Il donne quelques chansons militaires qu'il composa au camp pour égayer ses loisirs et ceux de ses camarades. Il avait étudié le droit, moins par goût que pour satisfaire les désirs de son père et fut reçu avocat en 1824. Les sciences étaient toujours l'objet de ses études favorites et son travail assidu allait recevoir une première récompense.

Notre jeune savant avait vu dans les mémoires de la Société de Lille qu'un prix serait décerné à celui qui aurait inventé le meilleur instrument pour mesurer l'intensité de la lumière, c'est-à-dire un photomètre. Il fabriqua un appareil basé sur l'emploi de papiers demi-transparents dont l'un était éclairé par la source lumineuse soumise à l'essai, l'autre par une bougie et composa un mémoire descriptif que, pressé par le temps, il dut recopier pendant la nuit pour l'envoyer à Lille. Quelques mois plus tard, recevant un pli cacheté qu'il supposait contenir son manuscrit, il fut agréablement surpris d'apprendre que son mémoire avait été couronné et avait obtenu le premier prix consistant en une médaille d'or, tandis qu'un astronome de profession n'avait eu que le second prix.

Encouragé par ce succès, Colladon fit peu après, avec Prevost, médecin et ancien collaborateur de Dumas, des expériences sur le phénomène découvert par Arago relativement à l'influence des plaques métalliques sur les aimants.

C'est au milieu de ces recherches qu'il faillit faire une découverte de premier ordre dont un concours de circonstances défavorables réserva l'honneur à un autre. Admettant la possibilité qu'un puissant aimant, présenté à l'extrémité d'une hélice de fil métallique, y déterminât un courant permanent, il installa un appareil composé d'un très fort aimant, d'une hélice à spires serrées et d'un galvanomètre. Comme notre jeune savant ne disposait que d'une assez petite pièce, pour éviter l'influence de l'aimant sur le galvanomètre, il eut la fâcheuse idée de mettre celui-ci dans une autre chambre. Il approcha l'aimant de l'hélice et alla voir le galvanomètre. L'aiguille ne paraissait pas avoir changé de position. Colladon en conclut à l'absence de l'effet prévu; il ne s'était pas douté que cet effet avait été instantané et que l'aiguille du galvanomètre, après avoir été déviée, était revenue au zéro. S'il avait eu un aide avec lui, il aurait fait alors la découverte d'un des faits les plus importants de la physique que Faraday eut l'honneur de constater le premier quelques années après.

L'attention de Colladon fut appelée à cette époque sur un sujet

qui eut une influence décisive sur sa carrière. Il avait appris que l'Académie des Sciences de Paris avait proposé pour sujet du grand prix à décerner en 1826 la mesure de la compressibilité des principaux liquides et il avait conçu l'idée de concourir et de prendre Sturm pour collaborateur. Seulement, il y avait une difficulté à la seconde partie du projet. Sturm était revenu à Genève, il n'avait aucune fortune, et comme Colladon voulait l'emmener à Paris, il fallait lui assurer l'existence pendant quelque temps. On leva facilement cette difficulté au moyen d'une souscription ouverte entre quelques amis. Des expériences avaient été faites pendant ce temps, un mémoire rédigé et le départ pour Paris put avoir lieu en octobre 1825. Munis de bonnes recommandations, les deux amis furent bien reçus par divers savants, notamment par Arago qui chargea immédiatement Sturm de donner des leçons à l'aîné de ses fils, Emmanuel (aujourd'hui ambassadeur à Berne). Colladon fréquentait la maison de Benjamin de Lessert, membre de l'Institut, qui s'intéressait au tunnel sous la Tamise, à ce moment au début de sa construction. La partie déjà creusée venait d'être envahie par l'eau ; c'est alors que Colladon exprima son étonnement de voir que Brunel n'avait pas songé à travailler dans l'air comprimé, puisqu'il aurait suffi d'une ou deux atmosphères, si on avait fermé l'entrée du tunnel par une porte en fer et si on avait établi une pompe de compression pour comprimer l'air à l'intérieur. De Lessert fut si frappé de cette idée qu'il engagea Colladon à rédiger une note qu'il enverrait à Brunel. Ce fut vite fait ; rien n'en résulta, mais on sut plus tard que Brunel avait apprécié la valeur de la communication et n'avait pas oublié le jeune savant qui en était l'auteur.

Au bout de peu de temps, Arago, rencontrant Colladon, l'engagea à étendre ses recherches sur la compressibilité à quelques autres liquides et à les compléter par des expériences sur la vitesse du son dans l'eau. Il lui promettait en retour de faire remettre le concours à l'année suivante, soit à 1827.

Tout en continuant ses expériences et ses travaux sur cette question, Colladon eut le grand honneur de collaborer pour diverses recherches avec des savants de haute réputation, avec Fourier pour la conductibilité des corps pour la chaleur et la construction d'un nouveau thermomètre de contact, avec Ampère pour la déviation de l'aiguille aimantée par le courant produit par les machines électriques de frottement, déviation qui fut constatée pour la première fois par Colladon, ainsi que celle que

produit l'électricité atmosphérique. Le jeune savant était très lié avec Ampère et il donne de nombreuses anecdotes sur la prodigieuse mémoire et sur les légendaires distractions de l'académicien ; plusieurs d'entre elles étaient inédites jusqu'ici.

Colladon dut retourner à Genève pour faire ses expériences sur la vitesse du son dans l'eau. Il en effectua une première série près de Genève, dans le petit lac, grâce à l'obligeance de M. de Candolle, qui mit à sa disposition son fils Alphonse (devenu le grand savant, associé étranger de l'Institut, mort cette année peu de temps avant Colladon), son jardinier, deux bateaux et un petit port appartenant à sa maison de campagne. Ces expériences faites sur une distance de 1 000 *m* environ ayant parfaitement réussi, Colladon résolut de les répéter sur le grand lac entre Rolle et Thonon, localités distantes d'environ 14 000 *m*. Il trouva ainsi, pour la vitesse du son dans l'eau à la température de huit degrés, la valeur de 1 437 *m* par seconde. On trouvera dans les *Souvenirs et Mémoires*, la description détaillée de ces expériences très pénibles à faire puisqu'on opérait la nuit au mois de novembre et des détails intéressants sur les péripéties qui les signalèrent.

Ces résultats obtenus, Colladon revint à Paris où une déconvenue l'attendait. La nomination de Savart, esprit distingué mais caractère grincheux, au poste de préparateur au Collège de France ne lui permettant plus de disposer de ce laboratoire pour terminer les expériences relatives à la compression, les deux amis durent s'assurer d'un autre local où, pour être plus tranquilles, ils faisaient leurs opérations la nuit; ces absences nocturnes ne furent pas, dit Colladon, sans inspirer à leur logeur des soupçons sur la régularité de leurs mœurs. Les deux collaborateurs durent se livrer à un travail acharné pendant l'hiver de 1827. Les deux derniers mois avant la remise du mémoire, ils ne dormaient qu'une nuit sur deux ; les derniers jours ils ne vivaient que de consommés et de café, enfin les trois derniers jours, ils ne se couchèrent pas une heure et purent porter le mémoire à la dernière minute à l'illustre Carnot, secrétaire de l'Académie des Sciences.

Colladon raconte qu'après le dépôt du travail il s'endormit à la table d'un ami, qui l'avait invité à dîner place Vendôme et que, dans son trajet de retour chez lui, rue Saint-Hyacinthe, près du Panthéon, il fit plusieurs sommes sous des portes cochères. Le grand prix de l'Académie fut décerné aux deux collaborateurs dans la séance solennelle du mois de juin 1827. Ce prix était de 3 000 *f*

et leur permit de payer quelques dettes contractées pour les dépenses exceptionnelles auxquelles ils avaient dû faire face.

Colladon avait déjà eu à s'occuper des bateaux à vapeur dont un avait été mis en service sur le lac de Genève pour la première fois *(le Guillaume-Tell)*, en 1823. Cette question l'intéressait et, plus libre de son temps, il résolut de faire quelques expériences sur la meilleure disposition à donner aux roues de ces bateaux. Après quelques essais préliminaires, il fit, en octobre 1828, des expériences décisives sur le canal de l'Ourcq avec un modèle en tôle de bateau de 2 *m* de longueur sur 0,45 *m* de largeur, muni d'un puissant mouvement d'horlogerie actionnant des roues auxquelles on pouvait donner diverses proportions et dispositions. Les distances mesurées avec soin que le bateau parcourait avec une force constante et des roues différentes donnaient la mesure de l'efficacité de ces dernières. Ce fut par ces moyens que Colladon arriva à réaliser un système de roues à aubes mobiles à l'aide d'un excentrique fixé contre le bateau, un an avant que notre grand mécanicien Cavé appliquât la même disposition.

Nous croyons pouvoir passer sous silence divers travaux exécutés par le jeune savant, notamment des expériences sur l'électricité atmosphérique, pour arriver à une époque capitale de sa vie, celle de la fondation de l'École Centrale.

Il a été dit beaucoup de choses sur les origines de l'École Centrale et quelquefois des choses inexactes. L'histoire vraie est donnée dans l'ouvrage de Pothier, grâce en partie aux renseignements fournis par M. Colladon. Voici comment celui-ci résume les faits et établit la part de chacun dans cette œuvre :

« M. Lavallée m'a expliqué comment est née la première idée de l'École Centrale. Il était un des auditeurs assidus des leçons du soir de M. Dumas, à l'Athénée, rue de Valois, et ces intéressantes séances où M. Dumas faisait ressortir les vastes conséquences des applications de la chimie à certaines industries lui avaient donné le désir de consacrer son temps et une partie de sa fortune à une entreprise industrielle qui pût être utile et profitable.

» Il s'en ouvrit un soir, après le cours, à M. Dumas qui lui demanda quelques jours de réflexion, après lesquels il répondit que la création la plus désirable serait une *École scientifique industrielle.* L'idée plut à M. Lavallée qui y avait même pensé et qui se déclara disposé à fournir les fonds nécessaires et à devenir le directeur actif de cette entreprise que quelques calculs provisoires

annonçaient pouvoir se suffire à elle-même sans subvention de l'autorité.

» C'est après ces préliminaires que M. Dumas, sachant que quelques personnes se préoccupaient de fonder un enseignement industriel, s'aboucha de nouveau avec MM. Benoit, Olivier et Peclet, heureux tous les trois de trouver cette occasion inattendue de s'appuyer sur MM. Dumas et Lavallée.

» Voilà, sans aucune addition, ce que me dit M. Lavallée, et j'en ai parlé quelquefois avec M. Dumas qui reconnaissait que c'était exact.

» La réussite complète et immédiate de l'École Centrale, son rapide développement, sa puissante influence sur la richesse industrielle et les grandes entreprises en France depuis 1830, ont dépassé ce qu'il était alors permis d'espérer..... Le succès de l'École vaut mieux pour la France qu'une grande victoire militaire et celui qui a organisé la victoire scientifique mérite d'être signalé à la reconnaissance de la patrie et de la postérité. » (Lettre écrite à l'occasion de la mort de M. Dumas à M. Hervé-Mangon, datée de Genève, 20 avril 1884.)

A côté des questions matérielles soulevées par la fondation d'une grande école, il y avait une difficulté d'un autre ordre, difficulté considérable à l'époque, c'est-à-dire vers 1828, où l'Université jouissait d'un monopole dont elle était extrêmement jalouse, la nécessité d'obtenir l'autorisation ministérielle. Cette difficulté fut levée grâce à la bienveillance de M. de Vatimesnil, ministre de l'Instruction publique, bienveillance sollicitée en faveur de l'œuvre par M. Colladon, au moyen de l'intermédiaire du baron Fourier, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences et ami particulier du ministre.

Colladon, qui avait déjà en 1828 une réputation scientifique établie, fut présenté à M. Lavallée par Dumas, et assista aux conférences préparatoires, il devait être professeur adjoint de physique et professeur de machines à vapeur. L'École ouvrit le 3 novembre 1829 avec cent quarante-cinq élèves, dont quelques-uns déjà assez âgés et dont un cinquième, dit Colladon, l'était plus que lui. Il fit dès l'ouverture un cours de géométrie et de mécanique servant de préliminaire au cours de mécanique rationnelle de Coriolis. Il fit également un cours de machines à vapeur qui fut le premier de ce genre professé en France et dont le programme était assez complet pour l'époque. Dans ces cours, le professeur montrait aux élèves des pièces de machines véritables qu'il se faisait prêter

par les constructeurs ; il conduisait les élèves dans les ateliers et les usines ; il leur donnait dans ces visites l'exemple de ne pas se contenter de regarder à distance pour ne pas se salir et emportait, dit-il, toujours avec lui une blouse pour les stimuler à en faire autant.

Il remplaça ensuite Coriolis dans son cours, lorsque ce savant dut quitter l'École Centrale, pour prendre les fonctions de directeur de l'École Polytechnique ; ce cours comprenait la résistance des matériaux.

En 1832, l'invasion du choléra eut un effet désastreux sur l'École. M. Lavallée fut atteint par l'épidémie, les cours furent suspendus, le découragement se mit dans le personnel enseignant et il fut question d'une liquidation. La situation fut sauvée par le courage et la confiance des élèves restés à l'École et de quelques professeurs qui offrirent de continuer les cours en faisant l'abandon de leur traitement. Colladon était à la tête de ces derniers. Cette attitude rassura les autres et sauva l'École. « Nous devons, dit Pothier en racontant les tristes événements et les angoisses de cette époque (*Histoire de l'École Centrale*, page 87), entourer de notre reconnaissance respectueuse M. Colladon dont l'énergique et intelligente initiative a contribué certainement à la conservation de notre École. »

Pendant les vacances, Colladon s'occupait de travaux d'ingénieurs, expertises, recherches scientifiques, etc. C'est ainsi qu'il fut appelé à Bordeaux pour l'explosion d'un bateau à vapeur construit par Hallette (1) pour la Garonne. Le résultat du procès qui suivit peut être cité comme un exemple de jugements singuliers, pour ne pas dire plus, lesquels n'étaient pas alors une exception.

En revenant de Bordeaux, Colladon passa par La Rochelle et Rochefort. Dans ce dernier port, il fut arrêté un instant comme espion pour avoir pris avec un mètre de poche quelques mesures dans l'intérieur des coques de vieux navires de guerre, condamnés à la démolition.

Bien accueilli par M. Hubert, directeur des constructions navales, il reçut de lui de curieux renseignements sur la commande à la

(1) Ce bateau était *l'Union*, mis en service en juin 1829, entre Bordeaux et Marmande. D'après des indications que nous avons trouvées dans un ancien ouvrage (voir Chronique de juin 1880, page 769), il semblerait que les machines de ce bateau étaient du système qu'on a appelé depuis compound, mais avec un rapport de volumes de cylindres très faible. Nous avons à plusieurs reprises demandé à M. Colladon des renseignements à ce sujet, mais ses souvenirs ne lui ont rien rappelé de ce genre et cependant une particularité si extraordinaire pour l'époque n'aurait pas manqué d'attirer l'attention d'un esprit aussi observateur.

maison Fawcett et Preston, de Liverpool, des machines du *Sphynx*, le premier vapeur de guerre français sérieux. Le gouvernement français voulant faire cette commande, on avait convoqué des ingénieurs de la marine pour rédiger un gros cahier contenant toutes les garanties et stipulations jugées utiles ; tout cela reçut la signature du ministre et M. Hubert, porteur de ce cahier, alla voir Fawcett à Liverpool. Sur la question du payement, aucune observation ne put empêcher le constructeur de demander le cautionnement du ministre de la Marine par un banquier de Londres.

Quant au cahier des charges, il refusa net d'en prendre connaissance. Seulement il prit une feuille de papier et y écrivit un marché de huit ou dix lignes disant : « M. Fawcett vend au gouvernement français une machine de bateau de telle force, identique à celle qu'il a déjà fournie au gouvernement anglais en date du..... Les chaudières seront en cuivre, la machine sera prête à être montée le..... » M. Hubert dut nécessairement en référer au ministre qui envoya l'autorisation d'accepter ce que le constructeur voulait. La machine du *Sphynx* donna toute satisfaction et servit pendant plusieurs années de modèle pour les machines qu'on construisit en France pour l'État (1).

A la Rochelle, Colladon exécuta sur les torpilles, qui sont abondantes dans ces parages, des expériences qui firent de sa part l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences.

Le jeune ingénieur s'occupait de plus en plus d'affaires industrielles dans l'intervalle de ses cours ; il était devenu, dit-il, *médecin de moteurs hydrauliques et à vapeur*. Ayant loué un atelier vacant dans la rue Popincourt, il y construisit une machine pour remplacer celle défectueuse du bateau à vapeur *la Seine* (2), modifia celles des bateaux *l'Yonne* et *la Ville d'Elbeuf* par le changement des chaudières et d'addition d'appareils de détente. Il fit des expériences sur l'efficacité des machines de Savery, installées aux bains du pont Marie ; ces machines donnaient peu d'effet utile, le huitième seulement des machines à vapeur à piston pour l'élévation de l'eau ; mais, lorsqu'il s'agissait de chauffer en même

(1) Il existe au Conservatoire des Arts et Métiers un magnifique modèle au cinquième de grandeur naturelle des machines du *Sphynx*.

(2) Les bateaux *la Seine* et *l'Yonne* avaient été construits, en 1825, pour le service de Paris à Corbeil et Montereau ; ils avaient des machines de 16 *ch*, et la coque en fer ne tirait pas plus de 0,75 *m* en charge. Il ne faut pas confondre *la Seine* avec un bateau de même nom, également en fer, construit en 1822 et faisant le service de Paris au Havre. Celui-ci avait une machine anglaise de 50 *ch* à basse pression, laquelle fut remplacée vers 1828 par une machine à haute pression et cylindres oscillants de Cavé.

temps cette eau, elles devenaient avantageuses et étaient peu sujettes aux réparations (on sait que le pulsomètre n'est qu'une machine Savery perfectionnée dans les détails). Ces expériences sont rapportées dans les Bulletins de la *Société d'Encouragement* de 1835.

Les affaires personnelles de Colladon prenant un certain développement, il s'arrangea avec l'École pour faire ses cours pendant l'été pour pouvoir passer l'hiver auprès de ses parents déjà âgés à Genève où l'appelaient de plus des projets matrimoniaux qui se réalisèrent peu après. Il avait d'ailleurs été chargé à Lyon de la construction du bateau à vapeur *le Papin* et dut se rendre en Angleterre avec notre ancien collègue Veret, élève de la première promotion de l'École Centrale, pour faire à la maison Maudslay et Field la commande des machines de ce bateau sur des dispositions étudiées par Colladon. C'était son premier voyage en Angleterre, il y vit beaucoup de choses et la narration qu'il en fait est très instructive.

Colladon partagea pendant deux ans environ son temps entre Paris où il faisait le cours de machines à vapeur, ayant cédé à Liouville celui de mécanique rationnelle, et Genève où il avait été nommé professeur de physique et de mécanique et il trouvait encore le loisir de faire des voyages et de s'occuper de ses travaux d'ingénieur à Lyon. Il n'abandonna définitivement Paris et l'École Centrale qu'en 1836 et fut remplacé dans son cours de machines à vapeur par notre éminent et regretté collègue L. Thomas, sorti en 1833 avec le double diplôme de mécanicien et de chimiste et attaché depuis un an à l'École comme répétiteur de physique. Pothier dit (*Histoire de l'École Centrale*, page 143), que « la difficulté qu'offrait le remplacement de M. Colladon avait inspiré un moment l'idée de supprimer cet important cours spécial. Cette difficulté eût été en effet insurmontable, à cette époque, si le Conseil des Études n'eût cherché sa solution dans l'École même, en choisissant pour la première fois le professeur parmi les anciens élèves. »

Le Papin, construit sous la direction de Colladon pour la navigation de la Saône, réussit parfaitement, battant comme vitesse et économie tous les bateaux de construction anglaise. Ce bateau avait (1835) des *chaudières tubulaires* (avec des tubes de 0,10 de diamètre) construites sur les plans de Colladon par Durenne de Paris. Les essais des machines furent faits au frein de Prony, particularité tout à fait exceptionnelle, et, la dépense par

cheval étant restée au-dessous du chiffre prévu, Colladon obtint la prime fixée qui était de 2 500 *f.*

Ensuite se place un voyage en Italie que fit notre collègue pour visiter pour le compte d'une maison de banque, des mines de soufre dans les Romagnes ; il y passa plusieurs mois, construisant des fours perfectionnés, traçant des routes, en un mot, réalisant des améliorations de toute espèce ; c'est, à son retour que, passant par Avignon, il fit dans une garancerie le premier essai de l'emploi de la vapeur d'eau pour l'extinction des incendies dans les usines. Cet essai a fait l'objet d'une communication de Colladon à l'Académie des Sciences en date du 30 septembre 1839 ; on le trouve également décrit dans les Bulletins de la Société d'Encouragement de 1840.

Les difficultés que Colladon avait éprouvées pour l'installation et le fonctionnement du frein de Prony sur *le Papin* de 50 *chx* de force nominale seulement lui firent chercher un moyen plus commode de déterminer le travail développé par les machines de navigation.

Divers essais préliminaires l'amenèrent à donner la préférence à la traction opérée sur un point fixe et mesurée par un dynamomètre. C'est ainsi qu'il opéra en 1841 et 1842 dans le port d'Ouchy sur la machine du *Léman* de 60 *chx* et de *l'Aigle* de 100 *chx*.

Les résultats de ces essais furent consignés par l'auteur dans un mémoire soumis à l'Académie des Sciences en même temps qu'il adressait au Ministère de la Marine une demande de répéter ces expériences sur un navire de l'État. Un rapport de Coriolis, Piobert et Poncelet conclut à l'approbation du travail par l'Académie et à son renvoi au ministre de la Marine avec le vœu de voir donner à M. Colladon les moyens de continuer ces utiles expériences.

Malgré ces recommandations venant de haut et les démarches de l'auteur, le Ministère fit la sourde oreille et c'est alors que l'inventeur s'adressa à l'Amirauté anglaise qui, après quelques jours seulement de pourparlers, lui commanda un grand dynamomètre de traction qui fut installé à l'arsenal de Woolwich. Nous n'avons pas besoin d'insister sur cette question qui a été traitée dans la séance de la Société des Ingénieurs Civils du 2 octobre 1885, tenue sous la présidence de M. de Comberousse, et dans le procès-verbal de laquelle on trouvera reproduits tous les faits relatifs à cette affaire du dynamomètre.

Les expériences de 1827 sur la vitesse du son dans l'eau avaient été écourtées, vu le prochain terme de la remise du mémoire à présenter à l'Académie. Colladon les reprit en 1841 sur une distance de 50 *km* entre Promenthoux et Veytaux sur le lac de Genève. Toujours à la recherche des applications pratiques, il avait l'idée d'établir des communications sous-marines à distance par signaux acoustiques (1). Lors de son séjour en Angleterre pour le montage du dynamomètre de Woolwich, il s'en ouvrit au célèbre Weathstone qui lui communiqua son projet de l'établissement d'un télégraphe sous-marin entre la France et l'Angleterre. Il n'y avait plus rien à faire. Les expériences de Colladon ont, dans tous les cas, servi à constater un fait, savoir la parfaite élasticité de l'eau. « La demi-force vive développée par le travail d'un homme pendant une seule seconde, qui est de 12 *kgm*, suffisait pour mettre en mouvement cette masse énorme d'eau du grand lac, de 50 milliards de kilogrammes d'eau liquide dont toutes les molécules recevaient et transmettaient un mouvement assez fort pour agir sur nos organes et être perçu par l'appareil acoustique. »

C'est en 1841 que Colladon fit dans son cours de physique la curieuse expérience d'éclairer intérieurement une veine liquide placée dans un espace obscur, expérience qui fut le point de départ des fontaines lumineuses établies en grand pour la première fois en Angleterre en 1884 et qui ont eu tant le succès en 1889 à Paris.

Les collections du Conservatoire des Arts et Métiers possèdent, depuis le mois d'octobre 1841, un appareil Colladon, construit par Bourbouze à la demande de Pouillet et l'inventeur donna toutes les instructions nécessaires à Duboscq, célèbre constructeur d'instruments d'optique, pour l'utilisation de ce brillant phénomène sur la scène de l'Opéra où il fut appliqué plusieurs fois, notamment dans le deuxième tableau de *Faust*, de Gounod.

Nous passerons sous silence diverses questions d'intérêt purement local pour arriver à l'affaire du gaz de Genève, qui fut pour Colladon l'occasion d'entrer dans une spécialité où il s'acquit une grande réputation. L'usine à gaz de Genève fut établie en 1844 par notre collègue qui en resta l'ingénieur jusqu'en 1862 et un

(1) Cette question a été reprise plusieurs fois, notamment en Angleterre. On vient de faire tout récemment sur la Tamise des expériences sur la communication entre des navires ou entre ceux-ci et la terre au moyen de signaux acoustiques transmis par l'eau à grande distance. C'est absolument l'idée de Colladon avec des perfectionnements dans les détails.

des administrateurs, puis président du Conseil d'administration jusqu'à sa mort. Il appliqua dans cette usine tous les progrès connus alors, et aussi des innovations. On peut citer l'épuration par le choc, les cornues en terre réfractaire, les régulateurs de becs, l'épuration par l'oxyde de fer, etc. Le gaz de Genève fut longtemps réputé pour sa pureté et son pouvoir éclairant, et cette Société a acquis un degré de prospérité rare dans l'industrie du gaz.

Non seulement Colladon trouva honneur et profit dans cette entreprise, mais elle lui fournit l'occasion d'une innovation qui, plus que ses autres travaux, contribua à rendre son nom célèbre. Notre collègue avait fait des expériences sur le frottement du gaz dans les conduites et avait été très frappé de trouver les résultats bien différents de ceux obtenus par Girard et par d'Aubuisson, calculés pour un gaz de même densité.

En 1840 il reçut la visite du colonel La Nicca qui s'occupait d'un projet de chemin de fer de Suisse en Italie par le Splügen et qui lui parla des expériences de H. Maus (1), faites près de Turin et du projet de cet ingénieur d'employer pour le percement du Fréjus des perforatrices mues par des câbles sans fin. Colladon conçut immédiatement l'idée de transmettre aux perforatrices la force par l'air comprimé qui servirait en même temps à l'aération du tunnel (2).

(1) L'éminent ingénieur belge Henri Maus avait acquis une grande notoriété par la construction des plans inclinés de Liège. Il fut appelé en Piémont en 1846 pour l'établissement des premiers chemins de fer de ce pays ; il fit notamment la ligne de Turin à Gênes, qui traverse les Apennins. Il fut comblé d'honneurs et reçut entre autres le titre d'inspecteur général honoraire du génie civil (ponts et chaussées). On peut citer comme coïncidence bizarre que ces deux grands ingénieurs, Colladon et Maus, qui se sont rencontrés sur le terrain des études du percement du tunnel du Mont-Cenis, bien qu'avec des idées très différentes sur les moyens de l'opérer, étaient nés la même année et sont morts la même année à dix jours à peine de distance.

(2) « C'était là le triomphe de mon procédé par lequel je comptais remplacer le câble sans fin de M. Maus que la commission technique du Mont-Cenis avait accepté *à l'unanimité!!* et contre lequel aucune protestation sérieuse ne s'était élevée de 1849 à 1853! Concevez-vous, mon cher ami, ce câble métallique double, courant sur le sol du tunnel avec une vitesse de 12 *m* par seconde, à des profondeurs de 3 000 à 6 000 et même 7 000 *m*, porté sur des centaines de poulies fixées sur le sol, rendant la circulation presque impossible avec sécurité. Ce câble venant à se rompre se roulant en une vaste hélice, balayant les ouvriers, dévastant les machines intérieures. En outre, plus des trois quarts du travail perdu en frottements, etc., à ces profondeurs et d'après les tableaux mêmes des projets de M. Maus!

Le seul entretien des câbles était compté par M. Maus à 55 000 *f* par an. Et, avec tout cela, point de ventilation valable, car les ventilateurs que M. Maus projetait de construire avec les poulies soutiens du câble étaient une complication inefficace pour bien ventiler jusqu'au front de taille.

J'ai cependant été, pendant les trois années écoulées à la suite de ce projet de câble (approuvé à l'unanimité le 1er novembre 1849), l'unique ingénieur qui ait critiqué ces défauts, ces dangers, cette dépense d'entretien, ce manque d'aérage et proposé un moyen rationnel, de tous points préférable, assurant, avec la sécurité et l'aérage, une énorme économie d'argent et de temps ». (Extrait d'une lettre à M. A. M. en date du 12 janvier 1886.)

Pénétré de l'importance de cette question et désirant ne conserver aucun doute sur le point de départ, il reprit ses expériences sur le frottement dans les conduites et les résultats obtenus confirmèrent ceux de 1849, montrant que les pertes de charge étaient bien inférieures à celles qui étaient admises jusqu'ici. Une première démarche était la prise d'un brevet dans les États sardes. Colladon s'adressa pour avoir des renseignements sur ce sujet au comte de Santa-Rosa, député et ancien gouverneur du Faucigny qu'il voyait souvent à Genève lorsqu'il remplissait ces dernières fonctions, en lui confiant qu'il s'occupait d'un projet qui faciliterait le percement du Mont-Cenis. M. de Santa-Rosa lui répondit par une lettre datée de Turin, 12 août 1850, qui contient le passage suivant constituant un document historique.

« Je m'empresse de répondre à votre lettre du 11 de ce mois; je viens d'en parler avec Camille de Cavour qui se trouve mon voisin à la Chambre ; nous nous empresserons de vous être utiles, lorsque vous nous présenterez la demande dont vous me parlez, etc. »

Colladon n'avait encore opéré que sur du gaz d'éclairage. La pose à Genève d'une nouvelle conduite de 0,175 *m* de diamètre lui permit de répéter ses expériences sur l'air comprimé. Ces expériences, faites sous des pressions allant jusqu'à une atmosphère effective, confirmèrent absolument les précédentes.

Sur ces entrefaites Colladon dut accepter les fonctions de commissaire fédéral pour l'Exposition de Londres et passa une partie de l'été de 1851 en Angleterre, séjour sur lequel il donne des détails intéressants, ainsi que sur l'Exposition et le rôle qu'y joua l'industrie suisse. Cette absence forcée avait retardé la rédaction du mémoire exigé comme addition aux demandes de brevet par la loi sarde et ce ne fut qu'en décembre 1852 que Colladon put aller à Turin et déposer son mémoire sur les *nouveaux procédés basés sur l'air comprimé et destinés à faciliter le percement des tunnels.* Il fut d'autant mieux accueilli par le monde savant qu'il était depuis 1846 correspondant de l'Académie royale de Turin.

C'est alors qu'il fut présenté à M. Maus par l'illustre savant L.-F. Menabrea (depuis ambassadeur d'Italie à Paris). Maus, après avoir écouté les explications de l'ingénieur genevois sur l'emploi pour actionner les perforatrices de l'air comprimé qui éviterait les inconvénients des câbles et donnerait pour la ventilation un air toujours frais, lui dit : « Monsieur, vous n'avez donc jamais vu allumer de l'amadou en comprimant de l'air dans un tube de verre? »

Colladon lui expliqua qu'il y avait des moyens d'empêcher l'échauffement de l'air, mais Maus ne voulut rien entendre et lui dit : « Vous auriez là une excellente machine à allumer les pipes ou les cigares des ouvriers. Je connais les câbles, j'ai fait les plans inclinés de Liège où ils fonctionnent, je ne connais pas d'appareil qui marche par de l'air fortement comprimé, permettez-moi donc de garder le câble et de ne pas prendre l'air comprimé. » Sans cette obstination, Maus aurait probablement été chargé de percer le Mont-Cenis et il n'eut pas eu le chagrin de voir d'autres diriger ce grand travail.

Dès le mois de février 1853, l'Académie royale de Turin faisait un rapport catégorique et élogieux terminé par ces conclusions : « L'auteur ne se borne pas, dans son mémoire (1), à une simple description des moyens proposés, mais il en démontre l'application par des considérations théoriques. La commission reconnaît surtout de quelle importance peuvent être les inventions de M. Colladon, pour hâter la construction des chemins de fer destinés à franchir les Alpes. »

Ce n'est que dans l'automne de 1853 que Sommeiller, Grandis et Grattone prirent un brevet pour la compression de l'air au moyen de béliers. Ils avaient en vue l'emploi de l'air comprimé pour la remonte des trains au passage des Giovi. Chargés plus tard de l'entreprise du percement du Mont-Cenis, ces ingénieurs y firent une installation grandiose de ces béliers, lesquels coûtaient 120 000 *f* chacun et donnèrent des résultats si médiocres qu'on dut presque immédiatement les remplacer par des compresseurs à piston d'eau avec lesquels fut fait tout le travail, tandis que les béliers sur lesquels on avait fondé de si grandes espérances étaient vendus à la ferraille.

Colladon ne tarda pas à s'apercevoir que, tout en lui faisant de belles promesses et en le comblant d'éloges et de compliments, on ne cherchait qu'à l'évincer sous des prétextes quelconques. Un de ces prétextes était la déchéance du brevet pour non-exploitation dans un délai donné. M. de Cavour, qui lui voulait du bien, l'engagea à faire une expérience de perforation en Piémont ou en Savoie, ce qui pourrait, étant donné le cas, suffire pour justifier de l'exploitation. Ce fut ainsi que Colladon installa, dans l'été de 1857, à quelques kilomètres de Genève, au pied du Salève, c'est-à-dire en Savoie faisant alors partie des États sardes, au vieux

(1) Après avoir passé par l'Académie de Turin, le mémoire de Colladon fut égaré dans les bureaux d'un Ministère ; il n'a jamais été retrouvé.

château d'Etrembières, une perforatrice, une locomobile actionnant un compresseur d'air, le tout installé sous un hangar. La constatation officielle du fonctionnement eut lieu le 20 juin 1857 par les autorités ; cette installation qui fonctionna plusieurs mois fut visitée par beaucoup de personnes ; on peut citer parmi les plus marquantes, le roi Léopold de Belgique et M. de Cavour. Il est assez curieux de noter qu'à côté de la perforatrice était un autre appareil, composé d'un fort chalumeau à alcool et air comprimé, avec lequel on échauffait la paroi de rocher pour la refroidir ensuite brusquement par un jet d'eau froide, ce qui amenait la désagrégation de la pierre.

La guerre d'Italie et la mort de M. de Cavour ruinèrent les espérances de Colladon. Il recula devant un procès et dut se résigner à perdre tous les frais (plus de 20 000 *f*) avancés pour cette invention qui pouvait et devait lui rapporter des millions. Tout ce qu'il en retira fut une lettre aimable à lui adressée en 1871 après l'achèvement du tunnel du Mont-Cenis par notre ancien collègue Quintino Sella (alors ministre des Finances italiennes), visant les travaux du savant genevois sur l'emploi de l'air comprimé pour le percement des tunnels, lettre accompagnant l'envoi de la croix de commandeur de l'ordre des Saints-Maurice et Lazare (1).

Pour en finir avec cette question du Mont-Cenis, nous devons dire que les ennuis qu'elle avait créés à Colladon n'étaient pas finis. En 1885, l'Institut de France, sur le rapport d'une Commission composée de MM. Philipps, M. Levy, Haton de la Goupillière, L. Lalanne et H. Resal, rapporteur, lui décerna le prix Fourneyron, visant notamment sa priorité dans l'emploi de l'air comprimé pour le percement des tunnels. Nous avons reproduit *in extenso* ce rapport dans la Chronique du Bulletin de décembre 1885, page 832.

Cette distinction, accordée au savant genevois, servit de prétexte à notre ancien collègue, P.-L. Dufresne, ingénieur sorti de l'École Centrale et neveu de Sommeiller, pour adresser au Congrès international de mécanique appliquée, tenu à Paris en 1889, un Mémoire qui, sous le titre d' « Étude historique sur l'emploi de l'air comprimé », contenait les plus vives attaques tant contre l'Académie des Sciences que contre Colladon, déniant à celui-ci, contrairement à l'évidence et au profit de Sommeiller, toute part dans l'application de l'air comprimé au percement des tunnels, notam-

(1) Le gouvernement français donna à Colladon, en 1872, la croix de chevalier, et en 1881, à la suite de l'Exposition d'électricité, la croix d'officier de la Légion d'honneur.

ment du Mont-Cenis. Par un oubli regrettable des règlements du Congrès, ce Mémoire ne fut pas examiné préalablement et il en fut donné lecture en séance. Un tirage à part fut répandu à profusion et quelques journaux prirent fait et cause pour Sommeiller, sous l'empire d'un sentiment de patriotisme assez mal à sa place ; ils ignoraient évidemment que Sommeiller n'ayant point, en 1860, opté pour la France, la querelle était circonscrite entre un Suisse et un Italien, et n'intéressait nullement l'amour-propre français.

L'argumentation de Dufresne, dont nous ne chercherons nullement à mettre en suspicion la bonne foi, reposait, en majeure partie, sur une erreur de fait. Il ne considérait que les brevets français de Colladon, dont le premier remonte seulement à 1857 et ne tenait pas compte du brevet sarde dont nous venons de parler et qui, délivré, il est vrai, le 9 juin 1855, par suite de diverses circonstances, avait pour date officielle de dépôt le 30 décembre 1852, date antérieure à celle d'octobre 1853 du premier brevet de Sommeiller, Grandis et Grattone, ne visant, d'ailleurs, qu'un appareil propre à la compression de l'air (le bélier).

Attristé de cette attaque injustifiée et ne voulant pas la relever lui-même, Colladon s'adressa aux onze anciens élèves de l'École Centrale présents à Genève (1), leur soumit toutes les pièces officielles relatives au débat. Ces messieurs, parfaitement édifiés, rédigèrent, à la date du 23 janvier 1890, une note constituant une réfutation absolue de la brochure ; « Étude historique sur l'emploi de l'air comprimé ». Voici les conclusions de cette note : « Fondés sur ces témoignages qui ne peuvent être suspectés de partialité, fondés aussi sur l'examen auquel nous avons attentivement procédé, nous déclarons être unanimement de l'avis que M. le professeur Colladon a, le premier, proposé les principes fondamentaux concernant l'emploi de l'air comprimé pour le percement des grands tunnels, lesquels, suivis par les entrepreneurs du Mont-Cenis, l'ont été plus tard par ceux du Gothard et de l'Arlberg.

» Nous déclarons encore que nous rendons hommage au verdict de l'Académie des Sciences de Paris. Connaissant, en effet, de longue date les travaux scientifiques de M. le professeur Colladon, auquel elle avait décerné un premier prix dès l'année 1827, ayant apprécié la part considérable qui lui revient dans le perce-

(1) Voici les noms de ces Ingénieurs : MM. E. Frossard de Saugy (1850). — Emile Burnat (1851). — J. Rehfous (1853). — H. Veyrassat (1854). — J. Fæsch (1856). — Blanchot (1857). — J. Jequier (1857). — E. Gardy (1862). — Flournois (1865). — A. Bernoud (1870). — Marc Jaquet 1879).

ment des grands tunnels par l'emploi rationnel de l'air comprimé, ainsi que les remarquables perfectionnements apportés par lui aux pompes de compression, l'Académie a, à très juste titre, décerné à M. Colladon, spontanément et sans aucune démarche de sa part, le prix fondé par Fourneyron. »

Nous fûmes chargé par notre vénérable collègue de demander au bureau du Congrès l'insertion de cette note à la suite de celle de Dufresne. Nous reçûmes le meilleur accueil de M. Gottschalk, vice-président du bureau (M. Phillips, président, était mort depuis le Congrès), et de MM. Vigreux père et fils, qui s'occupaient de la publication des comptes rendus. Il fut décidé, pour ne pas laisser de traces de l'incident, que la note de Dufresne ne serait pas publiée et qu'il n'y avait, dès lors, plus matière à réponse. On ne trouve, en effet, dans les publications du Congrès, qu'un résumé en quelques lignes, inséré dans le compte rendu de la séance du 17 septembre 1889, présidence de M. Hirsch, résumé se bornant à des généralités et ne contenant rien qui pût froisser les susceptibilités de notre collègue. Ainsi finit heureusement, grâce au tact parfait des membres du bureau du Congrès, un incident qui avait été très pénible à M. Colladon.

Au commencement de 1862, notre collègue fut envoyé à Naples par MM. Dassier et Parent, pour visiter l'usine à gaz de cette ville et donner son avis sur les projets d'extension et de reconstruction. C'est à ce moment que nous eûmes l'honneur d'être présenté à l'éminent ingénieur dans une maison où nous avions été invités tous deux à voir passer le cortège du roi Victor-Emmanuel entrant à Naples au mois d'avril 1862. Notre connaissance, ébauchée ce jour-là, ne devait se resserrer intimement que quinze ans plus tard.

Colladon accepta de diriger les travaux de construction de la nouvelle usine à gaz de Naples et de faire dans cette ville un séjour d'un an au moins, moyennant des conditions pécuniaires assez brillantes. Cette affaire lui fut, de plus, très profitable : elle consacra sa réputation comme ingénieur gazier, et il fut chargé plus tard de la construction d'une assez grande quantité d'usines de ce genre : Bienne, Morges, Aigle, Nyon, etc., et de consultations relatives à beaucoup d'autres : Berne, Lausanne, Soleure, Bâle, etc. Il menait, d'ailleurs, de front les affaires industrielles et les travaux scientifiques, auxquels son goût le portait toujours. C'est ainsi qu'il trouvait le temps de faire des études du domaine de la géologie sur les terrains lacustres et l'ancien niveau du lac qui,

d'après ses conclusions, devait, il y a quinze ou vingt siècles, être de 2 à 3 *m* au moins plus élevé qu'aujourd'hui. Il poursuivait également avec ardeur ses recherches sur l'électricité atmosphérique et les effets de la foudre; il suivait avec empressement les conséquences des orages, et on disait plaisamment à Genève que, si le tonnerre tombait sur un arbre situé dans le canton et même au delà, on était sûr de voir M. Colladon au haut de cet arbre quelques heures après, dessinant les traces laissées par le fluide, enlevant des morceaux d'écorce ou de bois, etc. Ces recherches l'avaient conduit à des théories sur la formation de la grêle et sur les trombes qu'il cherchait à vérifier par des expériences ingénieuses et qui furent l'occasion d'une polémique assez vive avec M. Faye, de l'Institut.

En 1871, Colladon s'occupa, comme Ingénieur, des travaux ayant pour but l'établissement, à Bellegarde (Ain), de forces motrices importantes prises sur le Rhône et qui nécessitèrent l'installation de plusieurs turbines de 600 *chx* et de transmissions par câbles télédynamiques. Ce fut peu après, janvier 1872, qu'il fut pris pour Ingénieur-conseil par Louis Favre, chargé de l'entreprise du grand tunnel du Gothard. Malgré ses soixante-dix années accomplies, notre vaillant collègue s'occupa avec ardeur de toutes les installations mécaniques, la partie essentielle de ce travail colossal et surtout de l'établissement des compresseurs, pour lesquels il étudia des dispositions bien supérieures à ce qui avait été fait au Mont-Cenis et dont le succès fut complet.

Il avait adopté le premier et dès 1872, pour les compresseurs, l'emploi d'une injection d'eau pulvérisée dans l'intérieur des cylindres, ce qui a été le seul procédé efficace pour obtenir une marche très rapide (200 coups et plus par minute) sans que l'air comprimé à 10 et même 14 *atm*, pendant une fraction de seconde, pût dépasser un échauffement de plus de 20° centigrades. C'était un résultat capital : 1° pour l'économie du travail dépensé pour la compression, et 2° pour obtenir d'un appareil de dimensions données deux ou trois fois plus d'air comprimé et réaliser une importante réduction sur le capital dépensé en appareils de compression et sur l'emplacement et les bâtiments occupés par ces appareils.

C'est grâce, en très grande partie, à la perfection des installations mécaniques que le percement du Gothard a pu être effectué en sept ans et cinq mois, soit avec une rapidité d'avancement plus que double de celle du Mont-Cenis, malgré les obstacles de

tout genre rencontrés au Gothard et dont le moindre n'était pas l'insuffisance de la force motrice restée bien au-dessous de celle qu'avait promise la Compagnie.

« On a vu dans cette gigantesque entreprise », dit une plume plus autorisée que la nôtre (1), « la transmission de toute la force hydraulique s'effectuant sur plus de 200 machines perforatrices opérant simultanément et utilisant de la manière la plus favorable les 2000 *chx* des turbines motrices ; de plus les conditions de la ventilation étaient telles qu'elles n'auraient pu être obtenues par aucun des systèmes mécaniques antérieurement proposés ou pratiqués. Cette gigantesque opération suffirait à caractériser le génie mécanique de notre époque et celui qui a dirigé toute la construction se place au premier rang parmi les grands mécaniciens du siècle. »

Nous n'insisterons pas plus longtemps sur cette question du Gothard que Colladon a exposée lui-même, avec toute l'autorité qui lui appartenait, à notre Société dans diverses communications ; nous nous bornerons à rappeler, ce qui est beaucoup moins connu, avec quel dévouement il lutta pour conserver à la fille de Favre mort dans le tunnel même (2), avant d'avoir pu le voir achevé, les débris de la fortune acquise par le travail de son père et que lui disputaient, contre toute justice, d'avides adversaires.

La notoriété de Colladon pour les questions de tunnels l'avait fait admettre dans le comité français pour le chemin de fer sous la Manche ; il avait donné ses conseils pour l'installation des compresseurs servant aux travaux préliminaires de recherches.

Nous avons dû forcément, dans le cours de cette revue déjà très longue de la carrière si remplie de notre collègue, nous borner à l'examen de ses travaux les plus importants, et en laisser passer bien d'autres moins marquants ; pour être complet, nous indiquerons parmi ces derniers l'épuration du gaz par le choc, la roue flottante qui a reçu plusieurs applications et le frein continu à air comprimé, qui a fait l'objet d'un brevet de Colladon pris en 1855 (3). Ses travaux sur la transmission du travail à distance par l'air sous pression

(1) Compte rendu de l'Académie des Sciences, séance du 31 juillet 1893.

(2) Deux monuments viennent d'être élevés à la mémoire de L. Favre : l'un à Chêne-Bourg (canton de Genève), lieu de sa naissance ; l'autre sur une des places de Genève, en face de la nouvelle poste. Ils sont tous deux l'œuvre du sculpteur Lambert, de Paris.

(3) Brevet français n° 25706, du 10 décembre 1855, pour un système de serrage des freins dans les convois de chemins de fer. Colladon prit en France une douzaine de brevets, dont le premier remonte à 1842, et concerne le dynamomètre de traction pour mesurer la puissance des bateaux à vapeur ; les autres sont relatifs à la dessiccation, aux moteurs hydrauliques, à l'épuration du gaz, au percement des tunnels, à la compression de l'air, à celle du gaz d'éclairage et à des perforatrices.

lui avaient fait supposer qu'on réaliserait ainsi une excellente solution du problème de l'arrêt rapide des trains de chemins fer. Sa parenté avec M. Dassier, alors président du Conseil d'administration du chemin de fer de Paris à Lyon, lui permit de soumettre ce projet aux ingénieurs de la Compagnie, mais les temps n'étaient pas venus, l'utilité de freins continus, mettant les moyens d'arrêt sous la main du mécanicien, n'apparaissait pas encore et on se faisait alors un monstre de la moindre complication. L'affaire n'eut pas de suite. On peut noter à ce sujet que le brevet de Martin et Du Tremblay, pour le frein à vide, n'est que de 1860, et que les premiers de Westinghouse pour frein à air comprimé ne remontent qu'à 1870. Le brevet de Colladon est antérieur à la série de brevets relatifs aux freins donnée dans la *Publication industrielle* d'Armengaud, tome XXII, laquelle contient l'énumération de trois cent soixante-trois brevets pris en France pour ce sujet, du commencement de 1857 au milieu de 1874, soit en dix-sept années et demie.

On se fera une idée de l'étendue des sujets embrassés par notre collègue et de sa puissance de travail par la liste de ses publications diverses qui se trouve à la fin des « Souvenirs et Mémoires » et qui ne comprend pas beaucoup moins d'une centaine de numéros.

Colladon était entré à la Société des Ingénieurs Civils au commencement de 1857, présenté par trois de ses anciens élèves à l'École Centrale, Callon, Faure et Loustau. Bien qu'éloigné de Paris, il prenait part à nos travaux et ne nous ménageait pas ses communications, ce dont on devait lui en savoir d'autant plus de gré, qu'il faisait partie de beaucoup de Sociétés savantes. On trouve son nom dans nos Bulletins au sujet de la roue flottante (1856), du dynamomètre de traction (1856 et 1885), d'une pompe à comprimer le gaz d'éclairage (1872), du tunnel du Gothard (de 1874 à 1879), de tracés comparatifs pour le Simplon et le Mont-Blanc (1880), du tunnel sous la Manche (1884), de la perforation au diamant noir (1884), de la chute de la foudre (1887), etc. Sa dernière communication est de décembre 1888 ; elle est relative aux volants en fil d'acier et à la fabrication des tubes Mannesmann alors toute nouvelle, dont il venait d'entendre parler par M. Reuleaux et qu'il s'empressait de nous faire connaître. Colladon avait beaucoup d'attachement pour la Société des Ingénieurs Civils, qui l'avait nommé un de ses correspondants en Suisse ; il s'inquiétait de sa marche et de sa prospérité ; la correspondance très suivie

que nous avons eue avec lui dans ces quinze dernières années en fait constamment foi ; il lui a donné un suprême témoignage d'affection en lui laissant un souvenir dans ses dispositions testamentaires, au milieu de ses nombreuses libéralités. Nous sommes persuadés que la Société n'oubliera pas non plus un des membres qui lui ont fait le plus d'honneur, au jour très prochain où il sera élevé à Colladon un monument destiné à consacrer la mémoire de ses utiles travaux.

Nous avons parlé jusqu'ici du professeur et de l'ingénieur. L'homme n'était pas au-dessous, nous avons pu l'apprécier personnellement. Il laisse des regrets à tous ceux qui l'ont connu, car il était bon, loyal, dévoué, obligeant, toujours prêt à rendre service. Tous les ingénieurs, les savants, etc., qui passaient à Genève en allant soit en Suisse, soit aux eaux d'Evian, d'Aix, etc., connaissaient le chemin de sa campagne de Cologny, ou de sa maison du boulevard du Pin. Il était surtout heureux d'y recevoir les visites, hélas ! de plus en plus rares avec le temps, de ses anciens élèves de l'École Centrale dont quelques-uns, comme notre vénéré collègue M. Loustau, manquaient rarement d'aller le voir en été.

C'était réellement un touchant spectacle qu'il nous a été donné de contempler plus d'une fois, de voir cet intérieur patriarcal, ce beau vieillard entouré de l'amour de ses enfants et petits-enfants, plein de gaieté et d'entrain, on pourrait dire sans trop d'exagération, et de jeunesse, admirablement conservé physiquement et intellectuellement. Il avait dû payer le tribut inévitable à l'âge, mais dans une limite très modérée ; une chute faite il y a une dizaine d'années lui rendait l'usage de la main droite difficile et il écrivait avec un peu de peine (1) ; sa seule infirmité réelle était une surdité déjà ancienne dont il combattait les effets à l'aide d'appareils acoustiques ingénieux combinés par lui-même. Toujours amateur des exercices corporels, à près de quatre-vingt-dix ans, il ne dédaignait pas de jouer aux quilles avec ses petits-enfants ou des voisins, lançait vigoureusement la boule et gagnait souvent la partie.

Doué d'une puissance de travail extraordinaire, il n'y a pas

(1) « Je suis obligé de faire copier beaucoup de mes lettres ; ma main droite est rebelle par accès depuis mon poignet cassé, il y a deux ans et quelques mois. Cela vous expliquera ma lettre tardive.

» J'ai aussi une partie de mon temps obligatoirement employé à des conversations instructives avec mes jeunes petits-enfants orphelins Odier. C'est un devoir de grand-père que je ne dois ni ne veux négliger : leur avenir en dépend en partie ». (Extrait d'une lettre du 31 juillet 1886, adressée à M. A. M.)

bien longtemps qu'il se plaignait à nous de ne plus pouvoir *beaucoup* travailler la nuit (1).

Colladon avait eu, lui aussi, ses heures d'affliction ; il avait perdu sa femme, une fille et un gendre ; il avait cherché sa consolation dans la résignation chrétienne, l'amour de ceux qui lui restaient et le travail.

Nous ne pouvons mieux clore le résumé de la vie si remplie de cet éminent ingénieur, de ce vrai savant et de cet homme de bien, qu'en reproduisant les lignes émues qui terminent l'introduction à l'autobiographie de notre illustre et regretté collègue, lignes dues à la main pieuse qui lui a fermé les yeux.

« Dans ce volume, Colladon ne fait voir qu'une partie de son activité, et il laisse tout à fait dans l'ombre les traits les plus attachants de sa vie intime :

» L'amour pour sa patrie et pour les siens ;

» Sa modestie, son désintéressement, la fidélité de ses affections ;

» Son jugement sûr et prompt mis au service de tous ;

» La conscience dans l'accomplissement de son devoir ;

» Son énergie qui surmontait tous les obstacles ;

» La chaleur de son cœur et son accueil bienveillant ;

» Son dévouement au bien, l'intérêt constant qu'il prenait à tout ce qui est beau, pur, moral et élevé ;

» Enfin, sa foi ferme et simple au Dieu de l'Évangile.

» Tels sont l'exemple et le souvenir qu'il laisse après lui et qui réalisent bien la devise de sa famille : ορθον δειξει, il montrera le droit chemin. »

(1) « J'ai dû me consacrer activement à ces affaires et j'ai veillé plusieurs fois jusqu'à deux et trois heures du matin depuis quinze jours. Pour un plus qu'octogénaire, c'est faire bon marché de son sommeil et le temps n'est plus où Sturm et moi pouvions veiller entièrement deux nuits de suite sans en être éprouvés.

» Heureusement, si mes oreilles entendent mal, mes yeux sont encore très bons et les longues veillées à la lampe ne les éprouvent pas beaucoup. » (Lettre du 28 février 1885, à M. A. M.)

« Je vous écris dans la nuit un peu fatigué ; pardonnez le style et l'écriture. » (Lettre du 12 janvier 1886, au même.)

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS ET MEMBRES

DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

QUELQUES NOTES

SUR

L'HYDROLOGIE DU BASSIN DU NIL

PAR

M. A.-F. VENTRE-BEY

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ EN ÉGYPTE

Bien des études ont été faites sur l'Égypte ; son fleuve en particulier a fait l'objet, surtout pendant ces dernières années, de nombreux mémoires très complets et très variés (1).

Mais le Nil, comme le Fleuve-Dieu que les textes anciens nous montrent se renouvelant perpétuellement, qualifié aussi de revivant « nem ankh », est un sujet d'étude inépuisable, quel que soit, du reste, le point de vue, archéologique, hydrographique ou hydrologique auquel on se place.

Dans l'essai que je présente aujourd'hui, j'ai d'abord condensé les résultats d'un grand nombre d'observations assez peu connues, dont j'indique la provenance, mais dont je ne puis donner ici, en ces quelques pages, que le résumé.

Vient ensuite un exposé succinct, simple aperçu, sur quelques questions relatives aux problèmes des crues et sur les recherches

(1) Je citerai, parmi les derniers ouvrages parus : *Les Irrigations en Egypte* par M. J. Barois, Ingénieur en chef des ponts et chaussées ; *Le Nil, le Soudan, l'Egypte*, par M. Chélu-Bey, où se trouvent répandues des données fort utiles ; enfin les *Mémoires* si intéressants de M. Prompt, inspecteur général des ponts et chaussées, sur les grands projets des réservoirs du Nil.

concernant plus spécialement l'hydrologie du bassin du haut fleuve, études particulières faites pendant ma carrière d'ingénieur, vieille déjà de vingt-cinq années passées toutes dans le pays du Nil.

Sans autre préambule, j'entre immédiatement en matière.

On sait que le manque de pluies qui caractérise l'Égypte proprement dite a pour causes le voisinage des déserts, la topographie sans relief particulier des contrées environnantes.

Nous savons, en effet, que, pour produire de la pluie, il faut d'abord qu'un vent arrive chargé de vapeur d'eau et qu'il rencontre des obstacles à sa marche tels que les grands reliefs naturels du sol : chaînes de collines, cols, montagnes, vrais paravents plus ou moins élevés contre lesquels il vient s'essuyer ou frapper, se dépouillant ainsi de son humidité ; ou, comme dans les mers équatoriales, que deux vents viennent se réunir, se comprimer dans une zone de calme, pour donner lieu à ces nuages chargés de vapeur d'eau qui s'élèvent verticalement, se résolvant de suite en pluie par condensation dans les parties supérieures plus froides de l'atmosphère. Tels sont ces nuages qui crèvent brusquement et qui, en mer, donnent lieu au « Baptême de la Ligne » (Équateur), suivant la pittoresque expression des marins. Or, rien de ce qui précède, ne peut se produire en Égypte, et nous verrons plus loin qu'il existe un parallèle de la région du haut Nil à partir duquel les conditions changent.

En résumé, l'absence complète de tout relief ou chaînes de montagnes importantes et le pouvoir absorbant des immenses étendues de déserts qui enserrent l'Égypte proprement dite, sont les causes qui empêchent la production de la pluie. Les quelques ondées de courte durée que l'on signale çà et là dans le désert Arabique et qui arrivent quelquefois à se produire jusque sous les parallèles de la moyenne Égypte, sont accidentelles, rares, s'expliquent du reste par la topograpie, en certains points assez accidentée, paraît-il, du désert qui sépare la mer Rouge de la vallée du Nil, et sont en tous cas indépendantes des grands phénomènes météorologiques dont nous aurons à nous occuper plus loin.

De la crue du Nil.

Résumons ici ce que nous savons sur les crues du fleuve à l'aval de Khartoum. La hauteur des crues, mesurée aux échelles principales dont il sera question, les dates des commencement et

fin de crues, du passage du flot à Khartoum, à Assouan et autres points intermédiaires jusqu'à Siout, première station de la haute Égypte, et le Caire, sont ici des moyennes résultant, d'une part, des publications officielles, et, d'autre part, des données mises à notre disposition au bureau de S. E. Rousseau-Pacha, ancien ingénieur en chef du khédive, auquel étaient communiquées les dépêches du service télégraphique du palais d'Abdine, sous le règne et par ordre de S. A. le khédive Ismaïl-Pacha, c'est-à-dire *à l'époque où le Soudan n'était pas fermé.*

Manifestation de la crue. — Le fleuve, grossi par les pluies équatoriales qui emplissent les lacs où il s'alimente, et par la fonte des neiges, subit à Khartoum, confluent du fleuve Blanc venant de l'Équateur et du fleuve Bleu descendant des plateaux d'Abyssinie, une crue qui se manifeste à la hauteur de cette station vers le milieu du mois de mai, et qui, augmentée des apports d'ailleurs fort irréguliers du torrent Atbarra (dernier affluent à 56 *km* S. de Berber), se transmet au Caire vers les premiers jours de juillet (vers le 23 juin à Siout). Toutes les dates mentionnées dans le courant de cette étude sont rapportées au calendrier Grégorien.

Un premier gonflement a lieu au Caire avant cette époque, mais il est moins sensible que celui des premiers jours de juillet ; il est occasionné par la crue du fleuve Bleu qui fait son apparition à Khartoum avant celle du fleuve Blanc. Ce premier gonflement se fait sentir au Caire vers le 17 juin, époque appelée « nocta » qui veut dire « goutte » ou « point » (1) en Arabe, ou « germe », suivant certaines idées égyptiennes très anciennes et que je n'ai pas à développer ici (1).

L'entraînement des matières végétales en décomposition dans les lacs ou grands marais traversés par le fleuve dans son cours supérieur, donne lieu à ce que l'on appelle *les eaux vertes*, qui font leur apparition au Caire au commencement de juin. Elles durent pendant tout le mois en s'améliorant naturellement par le mélange avec les eaux du fleuve Bleu.

A la fin de juillet, on voit ces eaux se troubler de plus en plus et finir par prendre une teinte rougeâtre en charriant les matières provenant de la désagrégation des roches des plateaux supérieurs.

A partir de ce moment on se prépare de tous côtés à recevoir les bienfaits de l'inondation ; l'eau limoneuse de la crue est distribuée par des canaux creusés à 4 *m* environ au-dessous du ter-

(1) V. *Bulletin* de l'Institut égyptien, 1892 : ou *Essai sur les Calendriers égyptiens.*

rain naturel à leur prise, et dont l'ouverture a lieu dans la première quinzaine d'août. On renforce les digues, soit du fleuve, soit des canaux, partout où c'est nécessaire; et l'on redouble de surveillance.

L'opération d'ouverture des canaux s'accomplit au Caire avec une certaine solennité : le barrage de la prise d'eau du canal *Khalig*, qui traverse la capitale, est coupé lorsque les eaux ont atteint une hauteur de 16 coudées environ, annoncée par le cheik mesureur du nilomètre de l'île de Rodah : Proclamation du *Wafa* (1), accomplissement ou plutôt promesse, espoir, de la crue nécessaire permettant l'arrosage de tout le pays ; cette hauteur de 16 coudées représente 5 *m* au-dessus de l'étiage moyen du fleuve, c'est-à-dire les deux tiers de la hauteur effective d'une crue abondante, soit 7,50 *m* devant le vieux Caire.

Anciennement la proclamation du *Wafa* donnait le signal de la coupure des digues des prises d'eau de tous les canaux du Nil; aujourd'hui ce n'est plus qu'une cérémonie dont la tradition s'est conservée au Caire depuis l'exécution de certains grands canaux d'irrigation creusés à 1,50 *m* ou 1 *m* au-dessous du plus bas étiage à leur prise, et qui assurent l'arrosage, en tous temps, de certaines régions sans machines; mais aussi par contre, soit dit en passant, ces canaux à très longs parcours, destinés à la culture d'été, riche mais épuisante et fonctionnant surtout en dehors de la période de l'inondation, n'apportent le plus souvent que de l'eau claire, décantée, et dans tous les cas bien moins riche en principes fertilisants que celle directe du fleuve (2).

Hauteur de la crue. — A partir du moment où l'on ouvre les canaux, le mouvement ascensionnel des eaux se ralentit sensiblement, par suite du volume d'eau énorme qui est enlevé au Nil, et qui se répand sur presque toute la surface de l'Égypte. La crue atteint au Caire son maximum vers la fin du mois de septembre. Au 26 septembre, correspond dans le calendrier des coptes (14 ou 15 septembre Julien) l'éphéméride *Salib* (3) qui veut dire Croix et Suspension, parce que, parvenu à ce niveau de la crue, le fleuve reste stationnaire, comme suspendu pendant quelques

(1) V. *Bulletin* de l'Institut égyptien, fin décembre 1892 : mon *Mémoire sur les noms du fleuve égyptien*.

(2) V. mes Études sur le *Sol Egyptien* et *l'Eau du Nil*, publiées en 1887 et 1890 par l'Institut Egyptien, et ma Note sur *la Nitrification des Koms*, publiée par la Société des Ingénieurs Civils, en 1890.

(3) V. *Bulletin* de l'Institut égyptien : mon *Essai sur les Calendriers*.

jours (1). Puis il se met à baisser assez rapidement d'abord et lentement ensuite, pour reprendre son niveau d'étiage, et à partir du solstice d'été recommencer de nouvelles phases de son oscillation, toujours aux mêmes époques et avec une régularité presque parfaite.

Souvent on observe une deuxième crue au Caire dans la première quinzaine d'octobre. Elle est tout accidentelle, produite par le déversement dans le fleuve des eaux provenant de la vidange des grands bassins de la haute Égypte. Lors de l'ouverture des déversoirs adossés au bassin de Kocheicha par exemple, où viennent s'accumuler les eaux ayant servi à l'inondation des terrains supérieurs situés plus au sud, un volume énorme vient se décharger dans le fleuve et peut produire vers la station de Wasta une surélévation de près d'un mètre. C'est ce flot supplémentaire qui se fait sentir, quoique bien atténué par la distance, jusqu'au Caire, et au delà et peut occasionner quelques perturbations en aval de la digue de Kocheicha. D'autres causes de perturbations peuvent intervenir dans la marche de la crue; la précipitation, par exemple, ou le retard apporté soit dans le remplissage, soit dans la vidange des bassins, les fautes commises dans la conduite de ces opérations, soit locales, soit générales, surtout dans le cas non prévu de la *superposition trop forte ou trop tardive* de la crue du fleuve Blanc sur celle provenant du fleuve Bleu. Mais ce n'est pas encore le moment d'examiner ces questions.

La hauteur de la crue n'est pas la même sur tous les points du parcours du fleuve. Elle varie naturellement avec l'étude du lit et l'importance des débordements du fleuve. En Nubie, où le cours d'eau est encaissé entre des soulèvements montagneux très escarpés composés de roches primitives, la crue atteint en certains endroits des hauteurs considérables, jusqu'à 11 *m* et plus. A Assouan, la hauteur n'est pas de 9 *m*; un peu moins de 8 *m* à Siout; 7,50 *m* à peine au Caire; 7 *m* à la pointe du Delta dans les deux branches du fleuve. A partir de ce dernier point, à cause de la bifurcation des deux branches de Rosette et de Damiette, et de l'épanouissement du terrain sillonné de canaux de toutes parts, les eaux se répandent sur une surface considérable, la

(1) Si l'on pouvait à ce moment distraire un certain volume d'eau du Nil (tous les bassins d'inondation sont alors pleins et quelques centimètres d'abaissement suffiraient) le danger des ruptures de digues tant redouté à cette époque serait conjuré, car les courbes des crues du Nil indiquent toutes une descente brusque immédiatement après le maximum, d'où l'opportunité de la création de certains réservoirs et comme justification première des projets, l'emmagasinement du trop-plein de certaines crues. Alors, plus de crues désastreuses, et celles qui auraient pu le devenir resteraient simplement abondantes.

hauteur de la crue diminue très rapidement; elle se réduit à 1,50 *m* à peine vers les villes de Rosette et de Damiette pour se confondre, aux embouchures des deux branches, avec les oscillations des faibles marées de la Méditerranée.

Des infiltrations et crue souterraine du fleuve dans la vallée, privée de pluie, de l'Égypte proprement dite. — La profondeur à laquelle on rencontre les eaux dans le sol est assez variable. Elle dépend, évidemment, de la distance dont on se trouve éloigné du fleuve, et de la nature plus ou moins compacte de l'alluvion du Nil variant naturellement suivant l'époque de formation, et la localité. Quoi qu'il en soit, on peut, sauf certaines exceptions, admettre d'après des expériences vérifiées par nos propres observations, que pour des points situés à des distances variant entre 2 et 3 *km* du bord du fleuve, le niveau des basses eaux d'infiltration est à 1,70 *m* au-dessus de l'étiage du fleuve au droit de ces ponts (le fleuve à l'étiage s'alimente surtout par le retour de ses propres eaux d'infiltration — question importante sur laquelle nous aurons à revenir plus tard), et que le niveau des hautes eaux se trouve à 4,20 *m* au-dessus de ce même étiage, ce qui donne pour l'amplitude de l'oscillation ou crue de l'infiltration, 2,50 *m*. Quant aux époques des basses et hautes eaux, il est évident qu'elles ne sauraient coïncider avec celles du fleuve: pendant la période qui suit immédiatement l'époque du point culminant des eaux dans le fleuve, le niveau de celui-ci commence à s'abaisser, tandis que celui inférieur de l'infiltration continue à monter; et lorsque le fleuve recommence à monter après l'étiage, l'infiltration continue encore à descendre pendant un certain temps. De part et d'autre la durée de l'oscillation est la même, seulement la vitesse est moindre pour l'infiltration, et les époques des maxima d'élévation et de baisse des eaux se trouvent ainsi être en retard sur celles du fleuve.

Nous appliquerons ailleurs les calculs que comporte la théorie de cet immense réservoir souterrain, soumis à certaines conditions de perméabilité, de capillarité des terrains, car c'est bien une couche d'eau, réserve souterraine de 2,50 *m* d'épaisseur qui vient ainsi se vider dans le Nil.

Distinction entre la crue provenant du fleuve Blanc et la crue provenant du fleuve Bleu. — Nous avons dit que la crue provenant du fleuve Bleu était, à Khartoum, en avance sur celle du fleuve Blanc. La précipitation avec laquelle le premier descend du lac

Tsana (la pente du lit du fleuve est en moyenne de 1,15 *m* par kilomètre, produit tout d'un coup en Nubie où le fleuve coule fortement encaissé entre des terrains durs, et où il n'y a pas à proprement parler de terrains à inonder, une surélévation considérable du niveau des eaux dont l'effet, tout en allant en diminuant vers le Nord, va se faire encore sentir en Égypte et jusqu'au Caire, comme nous l'avons signalé. La crue provenant du fleuve Blanc n'est pas aussi rapide ; mais elle donne un volume d'eau plus abondant par sa continuité, sans produire en Nubie un exhaussement aussi considérable.

Le maximum de la crue du fleuve Bleu est atteint à Khartoum vers le 20 août, et celui du fleuve Blanc vers le 12 septembre, c'est-à-dire 23 jours après.

En Nubie, le maximum qui appartient au fleuve Bleu ainsi qu'il vient d'être expliqué; a lieu vers la fin du mois d'août. Il a lieu à Assouan dix jours après avoir été signalé à Khartoum, c'est-à-dire vers le 30 août.

A partir d'Assouan, l'apparition du maximum de la crue, qui appartient toujours au fleuve Bleu, subit quelques retards par le fait des emprunts des canaux d'inondation ; aussi n'est-ce que vers le 5 septembre que ce maximum se produit à Louksor, et vers le 13 du même mois à Siout. C'est pour la même raison que ce maximum n'est atteint au Caire que vers le 26 septembre, date du « Salib. »

Le maximum de la crue correspondant au fleuve Blanc postérieur, disons-nous, à celui du fleuve Bleu, ne s'observe pas toujours au Caire ; la vidange des bassins par le déversoir de Kocheicha, dont nous avons expliqué le jeu, y produisant une crue artificielle de 0,50 *m* environ en moyenne, que l'on observe ordinairement vers le 14 octobre, c'est-à-dire après le maximum constaté le 26 septembre.

Ajoutons que l'époque de cette vidange peut être devancée; c'est ce qui arrive lorsque, trompé par les allures d'une crue, on l'a admise trop tôt dans les bassins, ou qu'il y a danger (rupture de digues, ou retard des semailles), à conserver plus longtemps les eaux dans ces bassins. Il peut se faire alors que cette crue artificielle se superpose à celle maximum du 26 septembre.

Hauteurs effectives de la crue dans différentes localités. — Résumons ci-après ces données :

1 *m* à peine dans les lacs équatoriaux, d'après Baker, vu les grandes dimensions de ces lacs.

2 *m* à Gondokoro dans un endroit où la largeur du fleuve est de 200 *m* et sa profondeur moyenne de 2,20 *m* aux basses eaux; même par les fortes crues, la cote d'élévation au-dessus de l'étiage moyen ne dépasse guère 2,25 *m*. (Les grands affluents n'ont pas encore donné.)

3 *m* à une vingtaine de kilomètres au nord de Gondokoro, hauteur augmentant au fur et à mesure qu'on s'avance vers le nord; 6 *m* au minimum sous le 9e degré de latitude, vers le confluent du Saubat, à l'aval du fleuve des Gazelles. (Le nombre des affluents augmente, mais, par contre, le fleuve se répand dans les vastes marécages compris entre le 5e et le 9e parallèle.)

7 *m* à Khartoum dans un endroit où le lit du fleuve a une largeur assez considérable (2 à 3 *km*), les eaux se répandent en outre dans de vastes plaines. C'est aussi une cote de bonne crue moyenne donnée par les registres des observations du nilomètre de cette station. (Tous les affluents ont donné, moins l'*Atbara*.)

8,50 *m* à Chendy — 190 *km* de Khartoum.

9,50 *m* au bas de la cataracte d'Haneck; 705 *km* au nord du confluent de l'Atbara et 865 *km* de Chendy.

7 *m* en amont des rapides suivants, à cause de la plus grande largeur du fleuve.

8 *m* au commencement des rapides de la cataracte de Kaïbar, à 63 *km* de l'endroit précédent.

10,50 *m* au bas de ces rapides en un point où le fleuve se réduit à 900 *m* de largeur.

11,75 *m* à Semneh au milieu des rochers granitiques, à 250 *km* plus bas que ces derniers rapides.

Un peu plus de 9 *m* en amont de la cataracte de Wady-Halfa.

Les chiffres suivants se rapportent aux bonnes crues de 1872 et 1871 :

8,80 *m* à Assouan.

9 *m* à la section réduite de Gebel-Silsileh, le remou de gonflement dû à la retenue naturelle du fond (seuil rocheux) s'effaçant en partie à la crue.

8,50 *m* à Edfou.

7,90 *m* à Siout.

7,40 *m* au Caire.

7 *m* en moyenne vers la pointe du Delta, dans les deux branches du fleuve.

Ensuite il y a diminution plus rapide sur chaque branche en raison de la grande expansion des eaux par les canaux et du raccordement avec le niveau horizontal de la Méditerranée.

5,50 *m* en moyenne à l'extrémité aval du premier tiers de chacune des branches.

2,40 *m* et 3 *m* au deuxième tiers.

1,50 *m* environ à chacune des villes de Rosette et de Damiette.

0,00 *m* devant les embouchures des deux branches.

Vitesse de propagation du flot. — Nous avons dit que le premier gonflement du fleuve se faisait sentir au Caire vers la date du « nocta » correspondant au 17 du mois de juin. — Or, c'est vers le 26 avril que le commencement de crue se produit à Khartoum. Et les différentes stations échelonnées le long du fleuve, prévenues par télégraphe de l'arrivée du flot, le voient passer aux époques suivantes :

A Dongola. . .	17 mai,	c'est-à-dire	21 jours après l'apparition à Khartoum.
A Wady-Halfa.	24 —	—	7 jours après l'apparition à Dongola.
A Assouan . .	29 —	—	5 jours après l'apparition à Wady-Halfa.
A Siout. . . .	9 juin	—	11 jours après l'apparition à Assouan.
Au Caire . . .	17 —	—	8 jours après l'apparition à Siout.

SOIT AU TOTAL . . . 52 jours pour le parcours de Khartoum au Caire.

Ces données, jointes à celles que je me propose de présenter encore, seront très utiles dans les recherches relatives à la prévision des crues.

Afin de nous rendre compte de la vitesse de la propagation du premier flot entre les différentes localités intermédiaires, et mettre en évidence les circonstances diverses dont cette vitesse dépend, dressons le tableau suivant :

PARCOURS	DISTANCES	DURÉE DU VOYAGE du 1er flot	VITESSE PAR HEURE
	km	*jours*	*km*
De Khartoum à Dongola (1)	1 027	21	2,038
De Dongola à Wady-Halfa (2)	421	7	2,506
De Halfa à Assouan (3)	348	5	2,900
De Assouan à Siout (4)	558	11	2,114
De Siout au Caire (5)	405	8	2,100
TOTAL égal au chiffre du tableau précédent.		52	

(1) Encaissement sans expansion du fleuve sur près de la moitié nord du parcours avec séries nombreuses de rapides. Mais grande presqu'île de Méroé, à l'est sur la première moitié sud de ce parcours, formée de vastes plaines; et plaines des deux côtés du fleuve à l'amont et à l'aval de la cataracte de Sabaloka.

(2) Encaissement du fleuve avec séries de cataractes et rapides. Quelques maigres cultures entre Dongola et Hannack. Emprunts au fleuve insignifiants.

(3) Grands encaissements du fleuve avec rapides ; étranglement de Kalabcha ; fortes pentes du fleuve à l'aval de Korosko.

(4) Endiguement du fleuve. Quelques emprunts au fleuve par canaux autres que ceux servant à l'inondation.

(5) Endiguement du fleuve sans emprunts sensibles. Les emprunts ont eu lieu à Siout pour toute la région des cultures d'été, compris le Fayoum. Pente d'étiage, 0,080 *m* par kilomètre.

Ce tableau permet donc de déterminer l'époque du passage, devant chaque localité, du premier flot produit par la crue du fleuve Bleu. Quant à la crue du fleuve Blanc, qui constitue la vraie crue du Nil, et dont le flot doit arriver après celui du fleuve Bleu, elle commence à se manifester le 19 mai à Khartoum, et le 7 juillet au Caire (1). Il faut donc quarante-neuf jours à ce deuxième flot pour parcourir la distance qui sépare ces deux localités, c'est-à-dire trois jours de moins que pour le flot provenant du fleuve Bleu. Cette différence tient évidemment à ce que la crue du fleuve Blanc est moins torrentielle, de durée plus longue, mieux nourrie, plus soutenue, l'influence des pertes étant alors moins sensible, et partant, donne lieu à un flot plus accentué dans tout son parcours d'aval. D'où le tableau relatif au deuxième flot dont les vitesses sont les 52/49 des précédentes.

PARCOURS	VITESSE DU 2e FLOT par heure	DISTANCES	TEMPS NÉCESSAIRE À LA PROPAGATION DU FLOT (a) d'une localité à la suivante	depuis Khartoum
	km	*km*	*heures*	*heures*
De Khartoum à Dongola.	2,162	1 027	475	475
De Dongola à Halfa. . .	2,659	421	158	633
De Halfa à Assouan. . .	2,077	348	115	746
De Assouan à Siout. . .	2,243	558	249	995
De Siout au Caire . . .	2,228	405	182	1 177

(1) Je rappelle que ce sont là des moyennes qui sont nécessaires pour tabler.

Ensuite il y a diminution plus rapide sur chaque br
raison de la grande expansion des eaux par les canaux
cordement avec le niveau horizontal de la Méditerra
5,50 *m* en moyenne à l'extrémité aval du premie
cune des branches.
2,40 *m* et 3 *m* au deuxième tiers.
1,50 *m* environ à chacune des villes de Roset
0,00 *m* devant les embouchures des deux br

Vitesse de propagation du flot. — Nous avo
gonflement du fleuve se faisait sentir au
« nocta » correspondant au 17 du mois
le 26 avril que le commencement de cr
Et les différentes stations échelonnées l
par télégraphe de l'arrivée du flot, le
suivantes :

A Dongola. . . 17 mai, c'est-à-

A Wady-Halfa. 24 —

A Assouan . . 29 —

A Siout. . . . 9 juin

Au Caire . . . 17 —

Soit

de Khartoum au C ... tre Khartoum et As-
... rapides qui, sur un par-
Ces données, j ... nent 140 *m* de chutes totales
encore, seront tr ... nt dans la pente générale :
vision des crue
Afin de no ... $= \frac{280,84\,m}{1\,796} = 0,156\ m$ par kilomètre.
premier flot
mettre en é ... passant le chiffre 193, qui représente presque le
dépend, d ... ours total du fleuve, et le chiffre 140, qui est la
... la pente totale.
... iffres ci-dessus sont tirés du grand ouvrage si plein de
... x renseignements : *Le Nil, le Soudan, l'Égypte*, de M. Chélu-
... arnier fr., édit., Paris). Mais j'ai modifié quelque peu les

au cours aval du fleuve, la partie au nord d'Asconnue. En voici, du reste, les données disposées our cette étude :

SUIVANT L'AXE DU FLEUVE	
DISTANCES	PENTES KILOMÉTRIQUES des hautes eaux (e)
km	m
84	0,076
87	0,077
33	0,077
	0,080
	0,080
	0,085
	0,085
	0,085
	0,085
94	0,080
23	0,080
	Raccordement parabolique avec le niveau de la mer.
986	

.e aux hautes eaux étant bien établi, il est ...érence de temps que met le *flot*, c'est-à-dire un ...eau supplémentaire, bien accusé, pour se mani-...stances égales, successivement à l'amont et à l'aval ...alité donnée, dépend, toutes autres choses égales d'ail-...de la différence de pente elle-même du cours d'eau dans ces ...arties ; la vitesse de propagation tendant naturellement à ...ux ...nter sur la pente partielle plus forte, et à diminuer sur celle augm... plus f...aible.

Le temps du voyage du flot entre les localités intermédiaires dont les moyennes d'observations directes manquent, peut donc être calculé.

Des éléments contenus dans les colonnes *a*, *b*, *c* des tableaux qui précèdent, nous avons déduit le tableau général ci-après :

Construction d'un tableau pour servir à l'annonce des crues dans les principales localités, depuis Khartoum. — Nous serions tenté de faire remonter le tableau jusqu'à Gondokoro, et même au delà jusqu'aux grands lacs de l'Équateur; mais, outre que les renseignements que nous possédons manquent de précision, principalement pour cette immense région des sources du fleuve, les nombreux affluents d'une part, la grande expansion de leurs eaux, et d'autre part l'action modératrice ou régulatrice des lacs ou marais situés entre les 5e et 9e degrés qui sont traversés par le flot, compliquent tellement la question que nous n'arriverions à la résoudre que par des hypothèses. Bornons-nous donc, pour le moment, aux indications à tirer des éléments, certains, du tableau précédent, auquel nous joignons les données suivantes :

	ALTITUDES DU FLEUVE	DISTANCES	PENTES KILOMÉTRIQUES	OBSERVATIONS
	m	*km*	*m* (b)	
Khartcum.	370			
		345	0,116	Comprend la 6e cataracte (13 *m* de chute) à 86 *km* nord de Khartoum.
Berber	330			
		682	0,155	Comprend une chute totale de 53 *m*, résultant des 5e et 4e cataractes et de 9 autres rapides.
Dongola.	224			
		421	0,247	Comprend la 3e cataracte (Hanck), à 40 *km* nord de Dongola, la 2e cataracte (W.-Halfa), 9 autres rapides intermédiaires, en tout 67 *m* de chute pour ces cataractes ou rapides.
Pied de la cataracte de Wady-Halfa .	120			
		348	0,089	1re cataracte, 5 *m* de chute pour ce rapide.
Assouan.	89,16			
TOTAL. . .		1 796		

Les 1 796 *km* du cours total du fleuve entre Khartoum et Assouan comprennent donc des séries de rapides qui, sur un parcours de 193 *km* à elles seules, donnent 140 *m* de chutes totales plus ou moins brusques entrant dans la pente générale :

$$\frac{370\,m - 89{,}16\,m}{1\,796\,km} = \frac{280{,}84\,m}{1\,796} = 0{,}156\,m \text{ par kilomètre.}$$

Relevons en passant le chiffre 193, qui représente presque le dixième du cours total du fleuve, et le chiffre 140, qui est la moitié de la pente totale.

Les chiffres ci-dessus sont tirés du grand ouvrage si plein de précieux renseignements : *Le Nil, le Soudan, l'Égypte*, de M. Chélu-Bey (Garnier fr., édit., Paris). Mais j'ai modifié quelque peu les

chiffres relatifs au cours aval du fleuve, la partie au nord d'Assouan m'étant plus connue. En voici, du reste, les données disposées comme il convient pour cette étude :

	SUIVANT L'AXE DU FLEUVE	
	DISTANCES	PENTES KILOMÉTRIQUES des hautes eaux (e)
	km	*m*
Assouan.		
	84	0,076
Prise du Canal Ramadi.		
	87	0,077
Prise du Canal Asfoun		
	33	0,077
Ermente.		
	80	0,080
Keneh.		
	148	0,080
Sohag.		
	126	0,085
Siout		
	102	0,085
Rodah		
	122	0,085
Magaga		
	87	0,085
Déversoir de Kocheicha.		
	94	0,080
Le Caire.		
	23	0,080
Pointe du Delta (barrage ouvert)		Raccordement parabolique avec le niveau de la mer.
TOTAL	986	

Le régime du fleuve aux hautes eaux étant bien établi, il est évident que la différence de temps que met le *flot*, c'est-à-dire un nouveau flux d'eau supplémentaire, bien accusé, pour se manifester, à distances égales, successivement à l'amont et à l'aval d'une localité donnée, dépend, toutes autres choses égales d'ailleurs, de la différence de pente elle-même du cours d'eau dans ces deux parties ; la vitesse de propagation tendant naturellement à augmenter sur la pente partielle plus forte, et à diminuer sur celle plus faible.

Le temps du voyage du flot entre les localités intermédiaires dont les moyennes d'observations directes manquent, peut donc être calculé.

Des éléments contenus dans les colonnes *a*, *b*, *c* des tableaux qui précèdent, nous avons déduit le tableau général ci-après :

LOCALITÉS	PENTES kilométriques du fleuve	DISTANCES	TEMPS NÉCESSAIRE A LA PROPAGATION DU FLOT — entre 2 localités	depuis Khartoum	depuis Berber	depuis W. Halfa	HAUTEURS normales effectives des crues en mètres
	m	km	heures	heures	heures	heures	
Khartoum.				0			7,00
	0,116	345	191				
Berber				191	0		
	0,155	682	284				
Dongola.				475	284		
	0,247	421	158				
Wady-Halfa.				633	442	0	9,00
	0,089	348	113				
Assouan.				746	555	113	8,80
	0,076	84	39				
Prise du Canal Ramadi. .				785	594	152	
	0,077	87	40				
Prise du Canal Asfoun. .				825	634	192	8,50
	0,077	33	15				
Erment.				840	649	207	
	0,080	80	36				
Keneh				876	685	243	8,30
	0,080	148	66				
Sohag.				942	751	309	
	0,085	126	53				
Siout.				995	804	362	7,90
	0,085	102	45				
Rodah				1 040	849	407	
	0,085	122	54				
Magagha				1 094	903	461	
	0,085	87	39				
Déversoir de Rocheicha. .				1 133	942	500	
	0,080	94	44				
Le Caire				49 j. = 1 177 h.	41 j. = 986 h.	22 j. 1/2 = 544 h	7,40
	0,080	23	11				
Origine de chacune des deux branches du Delta.				1 188	997	555	7,00
Cours total du fleuve entre Khartoum et la pointe du Delta. . . .		2 782	parcourus en 1 188 h. = 49 j. 1/2.				

Contrôle de la crue de 1878. — Application du tableau précédent. — Nous avons dit que le maximum de la crue du fleuve Bleu, constaté le 20 août à Khartoum, se manifeste le 26 septembre au Caire. C'est du moins ce qui résulte des moyennes d'observations nombreuses faites à ces deux stations.

Supposons qu'à cette date du 20 août, un flux nouveau, un accroissement subit de crue vienne à se produire à Khartoum. Ce flot arrivera *(voir le tableau)* 746 heures ou 31 jours après, c'est-à-dire le 20 septembre, à Assouan ; il passera à Siout le 30, 995 heures ou 41 jours après son départ de Khartoum, et au bout de 49 jours, c'est-à-dire le 8 octobre, il apparaîtra au Caire.

A ce moment les dispositions auront dû avoir été prises pour

conserver les eaux des grands bassins d'inondation et notamment de celui de Kocheicha, dont la vidange peut à elle seule produire une crue factice de plus de 0,50 *m*, même à l'aval du Caire, et qui viendrait ainsi se superposer encore à celle annoncée.

Avant l'arrivée du flot supplémentaire, c'est-à-dire entre la fin septembre et le 8 octobre pour le Caire, le fleuve s'élève normalement jusqu'à la cote maximum, 25 coudées par exemple, d'une crue forte. Le 8 octobre, il gonfle donc subitement au-dessus de cette cote.

25 coudées du cheik mesureur représentent une forte crue effective de 7,90 *m* au Caire, répondant elle-même à une forte crue de 7,50 *m* (1) pour Khartoum, c'est-à-dire à la cote $7{,}50 + 5{,}40 = 12{,}90$ ou 23 coudées $\frac{21}{24}$ (de Khartoum) au-dessus du zéro du nilomètre de cette station. (Il faut se reporter au tableau et à ce que nous avons dit relativement aux hauteurs comparées des crues constatées dans les différentes localités.)

Or, le plan d'eau à 23 coudées $\frac{21}{24}$ était précisément le niveau d'équilibre, suspension, *Salib*, auquel se maintenait le fleuve vers le 20 août 1878 à Khartoum, avant de recevoir le flot supplémentaire dont nous voulons parler, qui du 20 août au 10 septembre fit monter son niveau jusqu'à la cote 26 coudées $\frac{5}{24}$ (de Khartoum) $= 14{,}15$ *m*.

La différence, $14{,}15 - 12{,}90 = 1{,}25$ *m*, constatée à l'échelle de Khartoum, est donc due à l'arrivée de ce flot supplémentaire qui occasionna bien des désastres en Égypte, flot dont on aurait pu prévoir plus tôt l'importance, désastres que l'on aurait pu en partie éviter, en prenant certaines mesures plus appropriées aux circonstances et surtout moins tardives, car à cet exhaussement subit de 1,25 *m* pour Khartoum ne répond en somme au Caire qu'un gonflement de 0,67 *m*, c'est-à-dire de moitié environ au-dessus de la 25ᵉ coudée citée plus haut, gonflement qui, léger le 1ᵉʳ octobre, alla crescendo jusqu'au 10, date à laquelle la cote du fleuve atteignit son maximum, 26 coudées $\frac{6}{24}$; d'où la différence $26\frac{6}{24} - 25 = 1$ coudée $\frac{1}{4} = 0{,}67$ *m*. Le tout est en parfaite con-

(1) C'est plus exactement 7ᵐ,49. Dans le rapport des montées normales du fleuve aux deux stations 7,40 : 7 :: 7,90 : 7,49.

cordance avec les observations officielles connues et nos propres calculs.

Le contrôle de la marche entre Khartoum et le Caire de la crue de 1874, qui fut de $\frac{6}{24}$ de coudée plus élevée encore que celle de 1878, et d'autres crues non moins intéressantes, s'annonçant les unes mauvaises, insuffisantes, les autres abondantes ou trop abondantes, se ferait de la même façon. J'aurai d'ailleurs l'occasion de revenir sur cette question dans un autre mémoire qui comprendra l'étude de chaque crue, 1874, 1877, 1878, pour Khartoum, Assouan, Le Caire et quelques stations intermédiaires.

Cela dit sur la prévision, ou plutôt annonce des crues pour l'aval de Khartoum, il me faut présenter maintenant quelques considérations sur l'hydrologie particulière à la région des lacs qui constituent les principales sources du fleuve.

Sur l'hydrologie du bassin du Nil dans les régions équatoriales. — Résumons en deux mots ce que tout le monde sait :

Il résulte des récits des voyageurs qui ont exploré ces contrées éloignées; et c'est un fait aujourd'hui acquis à la Géographie, que le Nil s'alimente dans d'immenses lacs où viennent s'accumuler les eaux des pluies, abondantes dans ces régions et les eaux provenant de la fonte des neiges des montagnes voisines.

Une grande humidité règne d'une façon presque permanente, sauf toutefois, dit-on, pendant les mois qui correspondent à notre hiver ; la température y serait alors plus sèche et plus élevée, d'où l'évaporation pendant ces mois-là plus grande, contribuant à produire un abaissement du niveau de l'eau dans ces lacs. Mais leur surface est tellement considérable que, malgré cette baisse, ils contiennent assez d'eau pour assurer l'alimentation des cours d'eau qui s'en échappent, en attendant qu'ils se remplissent de nouveau à la saison des pluies suivantes.

Ces lacs deviennent ainsi de véritables réservoirs régulateurs, et c'est ce qui explique que le fleuve, depuis Khartoum jusqu'à la mer (2 700 *km*), à travers toute la région privée de pluies et d'affluents, roule cependant, à l'étiage, un volume d'eau considérable. Je rappellerai ici ce que j'ai déjà dit plus haut, que, pendant ce long parcours, le fleuve est aussi alimenté, à l'étiage, par le retour de ses eaux d'infiltration, question qui fera l'objet d'un autre mémoire.

Quoi qu'il en soit, les pluies commenceraient à reprendre dans

la région équatoriale vers le milieu de février, et la fonte des neiges de quelques hautes montagnes commencerait à se produire vers la même époque. Il en résulte une crue du fleuve Blanc qui se manifeste à Gondokoro, 4°50′ lat. N. chaque année avec une régularité remarquable, vers la fin du mois de février.

Mais il ne suffit pas d'avoir enregistré ces précieuses observations, il nous faut aussi expliquer la régularité de ces pluies et avalanches produisant la périodicité régulière des crues. Reportons-nous à la théorie des grands courants de l'atmosphère. La fonte périodique des neiges s'explique aisément par le fait même de sa concordance avec l'approche du soleil venant de l'hémisphère sud et l'échauffement direct, en février précisément, des différents parallèles avoisinant l'Équateur dans la région la plus élevée des lacs. Passons à l'autre question : pendant le passage du soleil à l'Équateur et son retour pour redescendre dans l'hémisphère austral, il se produit un échauffement général sur toute la région équatoriale. L'air, absorbant peu les rayons calorifiques du soleil, s'échauffe ou se refroidit surtout au contact du sol, dont la capacité calorifique est bien plus grande.

Ce sont donc les couches atmosphériques voisines de la terre qui s'échauffent le plus sous l'action du soleil ; elles se dilatent par la chaleur et tendent à monter à la surface de l'océan aérien. L'air chaud qui s'élève détermine donc sous lui un afflux d'air plus lourd et plus froid. Voyons donc la direction que va prendre ce dernier dans le cas qui nous occupe.

Deux causes viennent concourir pour produire un courant venant de la mer des Indes et amenant avec lui la pluie. Sous l'influence de l'échauffement de l'Équateur, l'air afflue des deux hémisphères vers cet Équateur ; mais par le fait de la rotation de la terre, ces deux courants, à mesure qu'ils s'avancent, rencontrent, comme on sait, des vitesses de circulation de l'ouest à l'est plus grandes que la leur, la vitesse maximum étant à l'Équateur ; il en résulte que ces deux courants sont infléchis vers l'est et qu'ils soufflent dans la région équatoriale, l'un du nord-est et l'autre du sud-est ; c'est la théorie ordinaire des vents alizés dont la direction moyenne dans l'hémisphère nord des océans est, d'après Maury, N. 52°45′ E., et, dans l'hémisphère sud, S. 49°53′ E. ; or, l'un, par suite de la configuration même de la côte Est d'Afrique, n'atteint pas directement la région de nos lacs ; il n'y arrive qu'après avoir traversé les vastes régions de la partie orientale de l'Afrique comprenant le pays des Gallas et celui des Somalis et même les

déserts du Sud de l'Arabie; c'est dire qu'il y arrive dépouillé en partie de son humidité, tandis que l'autre vent arrive droit, en plein, dans la région des lacs.

La position particulière de ces lacs au Sud-Est du continent africain fait donc que l'alizé Sud-Est qui y domine y arrive chargé d'humidité amassée pendant la traversée de la mer des Indes. Dans cette région assez accidentée, le vent humide se refroidit de plus en plus en remontant les versants des plateaux échelonnés jusqu'à la région des lacs (1 100 et 1 200 *m* d'altitude pour l'Edouard-Albert et le Victoria-Nyanza et plus de 700 *m* pour l'Albert); les vapeurs qu'il contient vont retomber en pluie en frappant les montagnes qui avoisinent ces lacs, ou se convertir en neige au contact des cimes les plus élevées, ou se condenser brusquement en pluie sur la surface même des lacs, ce qui, dans ces régions intertropicales, arrive très fréquemment.

L'autre cause qui peut tendre au même résultat, c'est l'afflux d'air vers certains parallèles chauffés plus directement par le soleil, sorte de « mousson » particulière au bassin du Nil et de ses affluents traversés par ces parallèles et se chargeant également d'humidité par son passage sur l'océan Indien. Analysons cette autre cause.

Nous avons dit qu'il y a, dans la région des lacs, une période de sécheresse relative et qu'elle correspond aux mois de notre hiver; en effet, à cette époque, le soleil se trouve vers le solstice correspondant au tropique du Capricorne, échauffant directement toute la zone méridionale de l'Afrique avoisinant le parallèle 23°27′ S.; le foyer d'appel se trouve donc reporté vers ce parallèle, et, comme les lacs où s'alimente le Nil sont placés bien au-dessus, il s'ensuit que les courants d'air humide (mousson) dont nous voulons parler en dernier lieu n'atteignent pas alors la région de ces lacs. Mais l'alizé proprement dit du Nord-Est souffle toujours dans l'océan Indien. Il souffle aussi dans la région équatoriale comprenant les lacs, mais seul alors, par le fait même de la position du soleil descendu dans l'hémisphère austral. Ce vent plus ou moins dénaturé, plus ou moins essuyé ou sec, par la raison donnée plus haut, tend donc à cette époque de l'année, c'est-à-dire de novembre à février, à dominer sur celui Sud-Est dans toute la région des lacs. Mais, au fur et à mesure que le soleil se rapproche de l'Équateur, la mousson le suit et ne peut donner lieu qu'à un courant de vent humide venant soit du Sud-Est, soit de l'Est, dont l'effet résultant sera de faire infléchir de plus en plus

du côté Est le vent Nord-Est ci-dessus, jusqu'à ce que celui-ci, ou le vent d'Est lui-même, retourne enfin plein au Sud-Est dominant.

Ci-après, un tableau des observations météorologiques faites durant la période d'une année par les capitaines Speke et Grant dans les territoires avoisinant le grand lac Victoria-Nyanza, et qui confirment nettement toute la théorie que je viens d'exposer. On y constatera, en effet, de novembre à février, c'est-à-dire pour les mois correspondant à notre hiver, la prédominance du vent Nord-Est pas très humide ; mais la chute moyenne mensuêlle de la pluie n'en est pas moins de 103 *mm*, correspondant à quinze jours pluvieux dans le mois, tandis que, pendant les huit autres mois, la direction générale du vent étant Est ou Sud-Est, le tout en parfaite concordance avec la théorie basée sur la marche du soleil, la chute mensuelle de la pluie atteint en moyenne 114 *mm* avec vingt-deux jours pluvieux.

Observations météorologiques des capitaines Speke et Grant faites dans le Raragué, l'Uganda et l'Unyoro (région ouest du lac Victoria-Nyanza).

DATES	HAUTEUR de PLUIE	NOMBRE de JOURS DE PLUIE	DIRECTION du VENT	TEMPÉRATURE HEBDOMADAIRE MAXIMA	TEMPÉRATURE HEBDOMADAIRE MINIMA	TEMPÉRATURE MENSUELLE MOYENNE	TEMPÉRATURE MENSUELLE MAXIMA	TEMPÉRATURE MENSUELLE MINIMA
	millimètres			*deg. cent.*	*deg. cent.*	*deg. cent.*	*deg. cent.*	*deg. cent.*
1861								
Novembre	162,6	17	N. E.	28,6	15,8	21,6	23,9	13,9
Décembre	70,6	16	N. E.	27,4	13,5	20,0	28,9	11,7
1862								
Janvier	86,5	14	N. E.	27,5	14,9	20,3	29,4	13,9
Février	92,0	12	N. E.	26,9	14,9	20,0	27,8	14,4
Mars	100,0	21	E. q. q. d. N.	27,4	15,9	20,5	28,9	15,0
Avril	190,6	27	Var.	26,3	15,8	19,4	27,8	15,6
Mai	135,5	26	E. S.	27,8	—	—	27,8	—
Juin	14,0	20	S. E.	26,1	16,0	20,5	26,7	15,0
Juillet	106,4	22	S. E.	28,6	16,9	22,2	32,8	16,1
Août	76,2	20	S. E.	31,7	15,6	24,4	31,7	15,6
Septembre	71,2	18	E. var.	23,5	17,0	23,2	28,9	16,1
Octobre	218,4	27		28,1	17,6	22,6	28,9	17,2

En résumé, pas de vent Sud à proprement parler, et ce sont bien les vents d'Est et de Sud-Est surtout qui amènent la pluie dans la région des lacs ; mais il y fait toujours humide, car l'écart entre les hauteurs de pluies tombées pour les deux périodes, saison des pluies et saison « prétendue sèche » (suivant quelques auteurs), ne dépasse même pas le dixième du maximum tombé. Quant à la température, elle n'est que de 21° en moyenne, et les moyennes mensuelles n'oscillent qu'entre 19°,4 et 24°,4. On lit cependant dans un grand et utile ouvrage, récemment publié, le passage suivant : « La condensation des vapeurs formées au-dessus de » l'océan Indien par l'action réfrigérante des hauts sommets, » entretient les pluies qui tombent, etc. Elles ne sont cependant » pas l'unique source de ces pluies, puisque les vents qui les » amènent cessent, à partir de juin, de souffler de l'Est pour ve- » nir du Sud. » Or, les observations ci-dessus de Speke et Grant indiquent au contraire une constance parfaite des vents du Sud-Est, précisément à partir de juin. Je continue : « En effet, si l'on songe » que les quantités d'eau qui tombent dans le bassin du Victoria- » Nyanza et sur le lac lui-même sont considérablement supé- » rieures à celles émises par le Nil Sommerset, son unique affluent, » le niveau du Nyanza ne semble subir que des oscillations peu » importantes, on en déduira que l'équilibre entre les apports et » l'émission résulte *nécessairement* de l'énorme évaporation qui se » produit à la surface du lac sous l'action de l'ARDENT SOLEIL » équatorial. » Or, les observations relatées ci-dessus montrent à quoi peut se réduire un « ardent soleil », même équatorial, par un ciel couvert de nuages pluvieux et par une température mensuelle moyenne qui n'atteint même pas 25° centigrades. Et si réellement il existe une différence importante entre les apports et l'émission, l'équilibre cependant constaté ne résulte pas « nécessairement » de l'énorme évaporation ; la vraie explication est d'ailleurs donnée plus loin dans un passage où il est dit, très judicieusement à mon avis, que « par l'infiltration il doit se pro- » duire d'immenses pertes ; mais il serait difficile d'indiquer, » même approximativement, les quantités d'eau qui vont ainsi » alimenter les nappes souterraines que la sonde rencontre dans » les déserts du Nord-Ouest et du Nord ».

Enfin, « la condensation des vapeurs par l'action réfrigérante » des hauts sommets » ne suffit pas pour expliquer la formation de la pluie. Elle explique surtout la formation de la neige dont la fonte, pour contribuer à l'alimentation du Nil ou de ses affluents,

doit, du reste, coïncider avec l'approche du soleil de l'équateur et son passage dans l'hémisphère Nord.

Ainsi, nous avons dit plus haut que le premier mouvement de hausse du fleuve Blanc, vers le cinquième degré de latitude nord, à Gondokoro, avait lieu vers la fin février et qu'il était dû principalement à la fonte successive des neiges des montagnes de la région équatoriale, la déclinaison australe du soleil allant en diminuant. Pendant les mois de janvier et de février, en effet, les vents dominant dans cette région sont encore du Nord-Est et n'amènent que peu de pluie, par la raison donnée.

Les observations de Speke et Grant ne donnent aussi que quatorze et douze jours de pluie pour ces deux mois : c'est le minimum de l'année. Le 21 mars, le soleil passe à l'Équateur, il vient donc chauffer directement les sommets neigeux successifs des montagnes des Gallas et des Alpes abyssiniennes, dont certaines altitudes dépasseraient 3 000 *m* (le lac Tsana, d'où sort le fleuve Bleu, est déjà à 1 800 *m*)..La fonte successive des neiges en allant du Sud au Nord contribue donc à l'alimentation, d'abord du *Saubat*, dont la crue débute précisément au commencement d'avril, puis du fleuve Bleu qui commence à monter vers la fin du même mois.

L'hypothèse de l'alimentation du Nil par le système général des lacs équatoriaux, dont l'évaporation devait alimenter elle-même les pluies tombant sur ses bassins, a été aussi mise en avant; mais elle fut réfutée de suite par M. Lombardini, savant Ingénieur hydraulicien italien, par la raison toute simple que si cette seule évaporation devait alimenter les pluies, les lacs seraient épuisés depuis longtemps.

Limites du bassin du Nil. — La théorie que j'ai exposée va nous permettre aussi de vérifier les limites géographiques données pour ce bassin.

L'arête de partage des eaux du bassin du Congo, d'une part, et du bassin du Nil, d'autre part, est, depuis les dernières découvertes de Stanley, indiquée par les géographes entre le lac Tanganika appartenant au versant Ouest et le groupe des lacs Victoria, Albert et Albert-Edouard-Nyanza, appartenant au Nil. Ce qui doit être, car tout le versant Est de cette arête qui domine l'Albert-Edouard et le Victoria, dont les niveaux sont déjà à 1 100 *m* et 1 200 *m* au-dessus de la mer et qui contourne ensuite l'Albert à l'Ouest, est exposé directement et à l'alizé Sud-Est et au vent Est

pendant la mousson particulière à cette région. Ce versant appartient donc bien au bassin supérieur du Nil, qu'il limite ainsi du côté Ouest et Sud-Ouest dans la région équatoriale.

L'arête de partage indiquée ci-dessus forme au sud une courbe tangente au parallèle 5° S. de Tabora, station située sur la route de toutes les récentes explorations équatoriales. Cette ligne prend ensuite la direction Sud-Nord en suivant le méridien situé à peu près à mi-distance des bords de l'océan Indien et du lac Victoria, passe ainsi par les sommets des monts *Robero*, *Kilma*, *Ambolotha*, *Kenia*, se prolonge jusque dans les régions inexplorées du pays des Gallas, pour rejoindre probablement la chaîne des Alpes éthiopiennes et séparer ainsi, tout d'abord, les hauts plateaux des lacs équatoriaux du versant oriental descendant à la mer des Indes.

Quittons maintenant l'Équateur et suivons le cours du fleuve depuis sa sortie de l'Albert-Nyanza, qui se prolonge, à proprement parler, jusque vers le 3° 3/4 de latitude Nord. Nous passons devant de nombreux soulèvements rocheux, en descendant toute une série de rapides, dans une région traversée par des torrents et quelques rivières, dont fait partie l'*Assoua*, venant du Sud-Est, tributaire d'ailleurs assez peu important, et nous atteignons Gondokoro.

Dans la région à droite, à partir de cette station, plusieurs « hors » ou torrents descendant du Sud-Est se réunissent ensuite pour se rendre avec plusieurs autres petits cours d'eau dans le fleuve des Girafes, lequel n'est, à proprement parler, qu'une branche du Nil, qui débouche au parallèle 9° à l'amont du Saubat. Mais, à partir de Gondokoro, ou, plus exactement, vers le mont Lardo, 5e parallèle, le bassin s'épanouit considérablement du côté Ouest; il comprend, en effet, les immenses marais s'étendant entre le 5e et le 9e parallèle, où il est impossible de distinguer les uns des autres les nombreux affluents qui drainent toute la région qui s'étend transversalement jusque vers le 24e degré de longitude. Le *Bahr-Arab*, coulant de l'Ouest à l'Est, est, avec le fleuve des Gazelles, auquel il se joint, le grand collecteur des eaux descendant du versant Sud du Darfour et se rendant, avec le trop-plein des marais inférieurs du 9e degré, au fleuve Blanc.

Cette région est soumise encore au régime du vent humide de l'océan Indien (mousson), ayant pu passer par la région des lacs équatoriaux, suivant la direction du Sud-Est au Nord-Ouest, dont il a été parlé si souvent, et il n'y a pour le Darfour que son versant Sud qui puisse être atteint par ce vent dans cette direction.

La simple inspection de la carte le prouve (paravent formé par la chaîne éthiopienne). Et, en effet, on trouve sur le méridien 25°, limitant le bassin à l'Ouest et coupant le Darfour, des crêtes isolées de 1 000 et 1 100 *m*, directement exposées à ce vent et constamment couvertes de nuages épais pour cette raison, tandis que le désert règne avec ses *Bahr-Bel-Ama*, ou fleuves sans eau, à l'Est de la province. Aussi, aucun affluent à signaler sur la gauche de notre fleuve dans tout son parcours aval, suivant la direction Sud-Nord qu'il prend à partir du 10e parallèle; mais, par contre, à droite trois grands affluents.

Dans cette dernière région se trouve la chaîne Éthiopienne dont le versant oriental, en y comprenant la partie inexplorée du pays des Gallas, forme, avons-nous dit, un paravent immense et librement, directement frappé par les afflux pluvieux venant de la mer des Indes, passant par le golfe d'Aden ou au-dessus de la côte Somali; ce qui explique la formation des nombreux cours d'eau dont les principaux, le Saubat, le fleuve Bleu, le Tacazzé ou Atbara, sont de grands affluents du Nil. Mais il nous faut expliquer aussi pourquoi ce sont les derniers. Constatons d'abord que les cartes, celles de John Manuel par exemple, placent la limite des pluies vers le Nord, au parallèle 17°30', ligne coupant la vallée du Nil un peu au sud de Berber, au confluent même de l'Atbara. Le territoire de Berber, situé vers le 18e degré de latitude Nord, pouvant, en dehors des terres arrosées par le fleuve, produire quelque peu de coton ou doura (maïs), etc., commence donc à ne plus faire partie de la zone des pluies intertropicales. Et, en effet, appliquons la théorie : à partir de cette latitude, la contrée n'est plus soumise à l'influence des vents pluvieux soufflant de l'océan Indien; car plus ici d'alizé, et la queue de la presqu'île Arabique, de cet immense désert, se trouve juste là à l'Est pour commencer à arrêter ou sécher les afflux particuliers venant de l'Est dont j'ai parlé. Et, d'autre part, la haute chaîne des Alpes éthiopiennes, courant à peu près suivant un méridien, vient barrer tout afflux du Sud-Est; il ne suffit pas qu'un vent vienne de l'Équateur pour être humide, il faut encore qu'il ait conservé sa vapeur d'eau. Plus les montagnes sont élevées, plus le vent est sec après les avoir traversées. Le versant Est de la chaîne en question qui est au vent condense la vapeur et en est inondé; le versant opposé est sec relativement. Aussi les cartes indiquent-elles les sources des trois plus gros affluents du Nil, le Saubat, le fleuve Bleu et le Tacazzé, du côté du versant oriental; et j'ajoute que la position de l'origine du

premier de ces cours d'eau, prenant vaguement naissance dans une contrée très peu connue, ne saurait dès lors être considérée comme simplement hypothétique.

Enfin, s'il ne peut y avoir de vents pluvieux importants à partir de Berber, ceux-ci feront surtout défaut dans toute cette vallée du cours inférieur du Nil privé par le fait de tout affluent, que nous savons enserrée entre les deux immenses déserts arabique et lybique, contribuant eux-mêmes à la pénurie de la pluie, ainsi que cela a été expliqué pour l'Égypte proprement dite.

Je terminerai ces quelques considérations sur l'hydrologie générale du bassin du Nil par un mot sur la prévision des crues.

Du problème de la prévision proprement dite des crues du Nil. — Laissant ici de côté l'annonce particulière des crues, ou marche du flot entre différentes localités, dont j'ai parlé en commençant, est-il possible de pronostiquer plusieurs mois à l'avance les crues du Nil?

En l'état actuel de nos observations, je ne pense pas que le problème de la prévision proprement dite des crues du Nil puisse être résolu.

Des esprits très éclairés s'en sont cependant occupé; on a voulu trouver une relation, une formule algébrique même a été proposée, entre la montée du fleuve constatée à Assouan, entrée de l'Égypte proprement dite, et des températures et pressions atmosphériques relevées à l'observatoire de l'Abassieh au Caire comme s'il pouvait y avoir une corrélation entre des phénomènes, on ne peut plus naturels évidemment, mais qui se manifestent, l'un sous le ciel de la basse Égypte ou du Caire, au 30e degré de latitude, et l'autre non pas à la première cataracte, c'est-à-dire encore en Égypte, mais principalement à l'Équateur même, c'est-à-dire sous un ciel tout à fait différent, dont les conditions météorologiques: nature, direction des vents, état hygrométrique de l'air, température, etc., etc., n'ont rien à voir (je l'ai dans cette note surabondamment démontré) avec celles de pays situés à 3 333 *km* de distance à vol d'oiseau. Autant dire que l'observatoire de Saint-Pétersbourg, éloigné de nous de 30° aussi, soit exactement les 3 333 *km* ci-dessus, ou même celui de Vienne, aurait pu nous prédire les affreux khamsins (vents brûlants) que nous avons ressentis cette année au Caire.

La relation ou formule proposée est donc, *a priori*, inacceptable.

Quant à sa réfutation par les observations mêmes, le travail a été déjà fait (1).

Ce que l'on peut jusqu'à présent prévoir avec quelques chances de réalité, c'est la succession d'un bas étiage à une faible crue, l'un étant pour ainsi dire la queue de l'autre, et aussi les séries de bonnes et mauvaises crues, séries par 2, par 3 (... ce qui nous fait penser aux sept vaches grasses et aux sept vaches maigres, aux sept années d'abondance et aux sept années de disette...). Cela résulte au moins de faits bien constatés, de la série des crues du fleuve que nous possédons depuis 1798, même au delà, et peut encore s'expliquer.

En effet, un réservoir comme est précisément le lac Victoria, sans autre issue que le Sommerset-Nil, peut, par une année exceptionnelle, avoir subi par exemple une évaporation très forte, absolument anormale, donnant lieu ainsi à un faible étiage du Nil, et la crue qui s'en échappera après la saison des pluies ne pourra, dans les conditions ordinaires des tombées d'eau, qu'être médiocre, à moins qu'il ne pleuve beaucoup plus que d'habitude cette année-là. — Et dans ce cas ce serait une exception. Deux exceptions, trois exceptions comme celle-là à la file, et échelonnées de temps en temps dans la suite des crues, expliqueront aussi ma seconde pensée.

Enfin, prenons une carte quelconque d'Afrique, remarquons la faible distance qui sépare la région des lacs de l'océan Indien; c'est à l'échelle 600 *km* à vol d'oiseau, distance guère beaucoup plus grande que celle d'Assouan à Siout, — et reconnaissons que quelques séries de bonnes observations faites vers la côte de Zanguebar sur les différents vents de l'année, sur leur permanence, leur direction, force, vitesse et humidité, grands vents distincts des brises légères locales, seraient de toute opportunité pour les recherches que nous poursuivons, application des théories qui viennent d'être exposées.

Le colonel Mason-Bey relate que lors de l'exploration qu'il fit du sud du lac Albert pour y chercher un émissaire du Nil, il ne put arriver avec son bateau à remonter une certaine rivière par suite du manque de fond, les pluies ayant fait défaut dans la région des lacs. Cela se passait dans le premier semestre de l'année 1877, et la rivière en question n'était autre que le fleuve Semliki, aujourd'hui reconnu par Stanley, joignant les deux lacs

(1) Voir sur cette question le beau et si consciencieux mémoire de M. J. Barois sur *Le Climat du Caire; Bulletin* de l'Institut égyptien, année 1889.

Albert et Albert-Édouard-Nyanza. Il est évident que si nous possédions aujourd'hui les observations susdites applicables à l'année en question, nous pourrions vérifier la cause, et de l'insuccès du colonel, et de la faiblesse de la crue qui se manifesta en Égypte précisément en 1877, crue remarquablement mauvaise, cause de bien des misères (17 pics $\frac{3}{24}$ au kilomètre de l'île de Rodah) et qui donna lieu, du reste, à un très bas étiage pour 1878, suivant la loi que j'appellerai « des queues de crues » dont j'ai parlé.

C'est donc là, en face du versant Sud-Est de l'immense continent, vers l'entrée du golfe d'Aden (à l'île Socotora si l'on veut, comme observatoire pour les indications relatives aux bassins de la chaîne éthiopienne), d'une part, mais principalement vers cette côte zanguebarienne ou de Zanzibar, distante de 150 lieues à peine du cercle d'application du système de vents qui, dans ces parages, soufflent de la mer des Indes, plus ou moins humides, plus ou moins continus et plus ou moins violents, suivant les années et l'époque de l'année, que se trouve la vraie clef du problème des crues du Nil et de ses étiages — pronostics des étiages ou des crues fortes, faibles, moyennes, leur avance, leur retard, etc. — de même que c'est par cette voie, la plus courte, que le problème des sources du Nil a pu être résolu.

Caput Nili quærere,
Auctum Nili auspicere.

l'un étant le complément de l'autre.

Ce sera pour le moment toute ma conclusion, me proposant de donner plus tard une suite à cet essai.

A la veille de l'exécution probable des grands travaux d'aménagement des eaux que l'on voit projeter de tous côtés : barrages, réservoirs du Nil, etc., et auxquels toutes les puissances s'intéressent, l'utilité *pratique* de ces recherches, indépendamment de l'intérêt purement scientifique que présente ce genre d'études, ne saurait être contestée, surtout depuis que l'Égypte, violemment séparée, par suite de l'insurrection et de l'occupation anglaise — inutile, je crois, et peu convenable, de l'écrire — de ses anciennes provinces du haut Nil, se trouve privée de toutes nouvelles concernant le haut Fleuve.

CHRONIQUE

N° 167

Sommaire. — Traction mécanique des tramways. — Grosses conduites d'eau en tôle d'acier. — Traversée rapide de l'Atlantique. — L'Exposition de Chicago. — Enquête sur l'enseignement de la mécanique.

Traction mécanique des tramways. — Nous trouvons dans les publications de l'*American Society of Civil Engineers* une note sur la traction mécanique des tramways de M. Alfred F. Sears, qui contient des renseignements très intéressants sur cette importante question, ce qui nous a engagé à en donner ici un résumé.

Le problème de la traction sur les tramways est très complexe en ce qu'il ne suffit pas de trouver le mode de traction le plus économique; il faut encore que ce mode n'implique pas une gêne ou des inconvénients tant pour les voyageurs que pour les voisins.

L'auteur croit que le moteur idéal d'une application universelle n'est pas encore trouvé et ne le sera probablement jamais, On admet généralement que les moteurs mécaniques, la vapeur, l'électricité, l'air comprimé, donnent une traction plus économique que les animaux. Il y a pourtant des cas où il est loin d'en être ainsi. On peut citer l'exemple du Mexique, où une ligne parfaitement établie transporte la poste, les voyageurs et les bagages, entre Esperanza, station du chemin de fer de Vera-Cruz à Mexico, et Tehuacan, sur une distance de 80 *km*, au moyen de mules; le trajet dure cinq heures. Il y a également des trains de marchandises qui mettent un peu plus de temps. Il n'y a, dans le pays, ni bois, ni charbon, ni pétrole; au contraire, les mules sont à bon marché et les denrées qui servent à leur alimentation à bas prix. Les conditions sont les mêmes à Mexico et aux environs, et on sera vraisemblablement encore longtemps avant de chercher à y remplacer la traction animale.

Ces cas sont évidemment exceptionnels, et on peut dire qu'en général: 1° l'emploi direct de la vapeur est la solution la plus économique lorsqu'on peut avoir le combustible à un prix modéré et c'est probablement le moteur qui a le plus d'avenir; 2° l'électricité devra être préférée là où on trouve des forces hydrauliques, d'autant plus qu'elle jouit des sympathies des voyageurs et du public; 3° l'air comprimé est tout indiqué pour les tunnels et les lignes souterraines lorsqu'on ne peut pas employer l'électricité; 4° les tramways à câbles sont les meilleurs, souvent même les seuls possibles, pour les villes accidentées; mais ils sont alors sujets à beaucoup d'inconvénients et dangereux lorsqu'il y a une grande circulation dans les rues où ils passent. Voilà, d'après l'auteur, comment on peut poser la question.

Le Bulletin n° 55 de l'administration du recensement des États-Unis donne des chiffres relevés sur cinquante lignes de tramways, dont dix à moteurs électriques, dix à câbles et trente à traction animale; ces chif-

fres permettent une comparaison entre le prix de la traction par ces trois moyens. Le coût du transport rapporté à l'unité voyageur est peu différent pour les trois : on trouve 0,161 *f* pour le câble, 0,191 *f* pour l'électricité et 0,183 *f* pour la traction animale. L'emploi de cette unité ne peut pas, d'après l'auteur, conduire à une saine appréciation du prix lorsqu'il s'agit de lignes établies dans des conditions très différentes et où la fréquentation est très loin d'être la même. C'est la voiture-kilomètre qui est la véritable unité. Le degré de chargement du véhicule n'a qu'une importance secondaire sur les dépenses de traction ; le travail, qui est ce qui se paie, varie peu, parce que, si la voiture est moins chargée, on peut aller plus vite. C'est ce qui se présente avec la vapeur, l'air comprimé, les moteurs électriques à accumulateurs, etc.; il n'en est pas de même avec le câble. On trouve, dans ces conditions, les chiffres ci-dessous pour les cinquante lignes considérées :

MOTEUR	LONGUEUR DES LIGNES	NOMBRE DE VOITURES	DÉPENSE PAR VOITURE-KILOMÈTRE
Câble	230 *km*	583	0,438 *f*
Électricité	107,9	78	0,410
Traction animale	885,5	1 500	0,564

Ces chiffres sont dans le rapport de 1 pour l'électricité, 1,07 pour le câble et 1,37 pour la traction animale. Mais ces chiffres sont des moyennes, et il faut être très circonspect dans les conclusions à en tirer, car, pour le câble, les dépenses varient, suivant les lignes, de 0,275 *f* à 0,66 ; pour l'électricité, de 0,26 à 0,75, et pour la traction animale, de 0,27 à 0,85. Ces variations sont assez fortes pour que les moyennes n'aient pas grande signification.

Dans les dépenses d'exploitation figure l'entretien de la voie. Or, cet entretien coûte en moyenne 2 200 *f* par kilomètre et par an pour les lignes à câble, contre 590 *f* seulement pour les lignes électriques et 1 330 *f* pour les lignes à traction animale.

Une comparaison plus générale peut être faite d'après des renseignements extraits des statistiques officielles et résumés par la *Street Railway Review* de janvier 1892. Pour toutes les lignes existant à cette époque aux États-Unis, on trouve, pour la proportion des frais d'exploitation aux recettes brutes : 67,7 0/0 pour les tramways à câble, 70,4 pour les tramways électriques, 73,7 pour les tramways à traction animale, et enfin 57,3 pour les tramways à vapeur. Il est bon de faire observer à ce sujet que les lignes à câble sont généralement établies là où un trafic actif est assuré, tandis que les lignes à vapeur sont installées souvent dans des régions peu peuplées qui demandent des communications immédiates et qu'elles se trouvent surtout dans les États du Sud et de l'Ouest, où figurent 351 moteurs à vapeur sur un total de 391.

Les tramways à câble ont l'inconvénient d'exiger une dépense de tra-

vail considérable pour la mise en mouvement du câble seul sans charge utile. Pour les dix lignes de ce genre citées plus haut, la longueur du câble est en moyenne de 23 *km*. Ce câble pèse de 60 à 80 *t*, et cette charge doit être déplacée à la vitesse de 10 *km* à l'heure. On conçoit que ce travail est important quand on constate que l'entretien et les réparations des câbles et des poulies pour ces dix lignes, d'une longueur totale de 230 *km*, coûtent par an la somme considérable de 1 416 700 *f*, soit en moyenne 6 160 *f*.

Avec l'électricité, on n'utilise qu'une médiocre proportion du travail moteur. Combien au juste? Il est bien difficile de citer des chiffres sans s'exposer à des avalanches de protestations. L'auteur croit, d'observations personnelles, pouvoir avancer que l'utilisation en traction de la moitié, soit 50 0/0 de la puissance développée à la station centrale de force motrice peut être considérée comme un résultat extrêmement avantageux. D'autre part, avec les locomotives à vapeur, on transporte un poids mort important sous forme de machine et d'approvisionnement d'eau et de combustible.

Il y a deux systèmes qui semblent promettre une solution avantageuse pour l'avenir de la traction des tramways; ce sont : l'air comprimé et l'eau chaude emmagasinée sous pression.

Le système à air comprimé a donné de très bons résultats à Nantes et aux environs de Paris ; il a fait l'objet d'une communication du professeur D.-S. Jacobus, de Hoboken, à l'American Institute of Mining Engineers. A Toledo, une Société de tramways en a fait l'essai et il a été si satisfaisant qu'on installe le système définitivement dans cette ville. Il est employé aux tramways de Berne.

L'eau chaude emmagasinée sous pression est employée depuis longtemps à la traction des tramways ; dans ces dernières années on l'a perfectionnée sous la forme de ce qu'on a appelé le moteur kinétique ou moteur Angamar, qui est actuellement en essai à Chicago. On essaie également d'autres systèmes, tels que le moteur Patton à gazoline, où une machine portée par le véhicule actionne une dynamo génératrice, dont le courant est transmis à une dynamo réceptrice qui fait tourner les roues, le moteur Judron à air comprimé, qui s'alimente d'air à des stations situées tous les 8 *km*, le moteur à vapeur belge que M. Jerkes a acheté en Belgique, et fait fonctionner sur une ligne de Chicago, moteur un peu compliqué et un peu faible, le moteur à gaz Connelly, qui est de force insuffisante, si on ne lui donne pas des dimensions inadmissibles pour un service urbain, le moteur Prouty, qui est une petite locomotive à vapeur de force insuffisante. Tous ces systèmes, et bien d'autres encore, qu'il est inutile de citer, font voir combien on se préoccupe de la solution du problème.

Lorsque l'attention de l'auteur a été appelée sur le moteur Angamar, il a écrit à la maison Baldwin, pour avoir sur la question l'avis de gens qui ont fait, probablement, plus de moteurs pour tramways qu'aucun autre constructeur. Voici la réponse :

« Nous croyons qu'un moteur comme celui que vous nous décrivez peut être construit et que, s'il réussit, il obtiendra nécessairement un grand développement. Beaucoup de lignes actuellement exploitées par

l'électricité et d'autres qui ne peuvent pas obtenir l'autorisation d'employer ce mode de traction, ou faire les dépenses d'installation d'un càble, pourraient l'adopter.

» La demande pour les moteurs à vapeur est telle que, malgré les objections qu'on fait à l'emploi de ces machines, nous en avons déjà construit plus de trois cents pour tramways.

» L'hiver dernier, notre attention a été appelée sur l'utilité qu'il pourrait y avoir à faire de ces moteurs fonctionnant avec condensation. Nous avons construit une locomotive compound de 18 *t*, dans laquelle nous avons cherché à réaliser les conditions suivantes: 1° ramener par la détente prolongée la pression de l'échappement à une tension assez faible pour ne pas produire de bruit et pour faciliter la condensation de la vapeur; 2° employer un condenseur de dimensions suffisantes pour liquéfier la totalité de la vapeur; 3° supprimer entièrement le tirage artificiel excepté dans le cas où on aurait à développer momentanément un effort plus considérable, auquel cas la vapeur d'échappement peut être détournée du condenseur et envoyée comme d'ordinaire dans la cheminée pour activer le tirage.

» Cette machine a donné d'assez bons résultats et le but qu'on s'était proposé a été sensiblement réalisé; on n'a pas, toutefois, entièrement réussi à faire disparaître toute trace de vapeur dans les conditions atmosphériques défavorables. Ce fait est dû en partie aux dimensions considérables du moteur qui donnait à condenser une grande quantité de vapeur. Nous pensons réussir complètement sur une machine plus petite. Toutefois la première fait un bon service à Wilmington où on avait besoin d'un moteur silencieux.

» Il y a quelque temps les tramways nord de Chicago ont importé une locomotive belge qui parait remplir le but que nous avons cherché à réaliser. Nous nous sommes engagés à en fournir de pareilles et nous garantissons, bien entendu, les mêmes résultats. Cette machine est toutefois un peu petite, et nous devons livrer aussi un moteur plus puissant établi sur nos propres études et dont nous garantirons le bon fonctionnement. »

Il a été fait, à la demande de l'auteur, une série d'expériences sur le moteur Angamar, construit par la *Kinetic Power Company*, à Chicago.

Ce moteur est une machine à eau chaude dont le réservoir contient un petit foyer. Il reçoit de l'eau chauffée à 200° centigrades, température correspondant à 18 *kg* environ de pression, dans une chaudière fixe placée à la station de chargement. Des chaudières de 400 *chx* de force collective sont suffisantes pour cent locomotives de 50 *chx* chacune (?). Le générateur fixe peut être mis en communication avec le réservoir de la locomotive pour l'eau et pour la vapeur, de sorte qu'on peut réchauffer l'eau du réservoir en y introduisant de l'eau chaude ou de la vapeur, suivant les cas. Après le chargement on jette dans le foyer de la locomotive quelques pelletées d'anthracite enflammé.

La machine en essai à Chicago a une paire de cylindres de 0,229 $\times$ 0,225 *m*; le réservoir a une capacité de 1 000 *l* environ, il contient 600 à 650 *l* d'eau chauffée à 200° et sa force, mesurée à l'indicateur, est de 43 *chx* au maximum. Avec son chargement sur la voie des tramways

ouest de Chicago, la machine à fait 32 *km*. Les roues ont 0,785 *m* de diamètre; chaque piston développe par kilomètre 1 303 fois le volume du du cylindre, celui-ci étant de 10,30 *l*, le volume par kilomètre sera de $10{,}30 \times 2 \times 1\,303 = 26\,850\, l$.

Les 600 *l* d'eau chaude peuvent donner $381\, l \times 1\,642 = 985\,200\, l$ de vapeur détendue, ce qui correspondrait à un parcours limite de $\frac{985\,200}{26\,850} = 36{,}7\, k$ (1). L'expérience d'une semaine a prouvé que ces calculs se justifient, car on a plusieurs fois avec une pression au départ de 11 *kg*, fait un parcours de 32 *km* et la machine est rentrée au dépôt avec une pression de 10 *kg*. On avait dépensé 13,6 *kg* d'anthracite, il y avait quatre-vingts voyageurs sur la machine et dans le vagon qu'elle remorquait, la vitesse a atteint un maximum de 28 *km* à l'heure. La machine est très facile à conduire et ne demande pas plus d'intelligence de la part du conducteur qu'un moteur électrique. Elle ne donne pas de fumée, on peut employer de l'huile minérale comme combustible à défaut d'anthracite. On peut y adjoindre un condenseur pour faire disparaître la vapeur d'échappement. Le moteur disposé pour remorquer une ou deux voitures ne pèse pas plus qu'un moteur électrique, soit de 5 à 8 *t*. Le capitaine Charles F. Thomas, ingénieur de la *Kinetic Power Company*, estime qu'avec ces machines les dépenses de force motrice proprement dites, ne dépasseront pas $\frac{55}{100}$ d'un cent par car-mile, ce qui ferait en mesures françaises un peu moins de deux centimes par voiture-kilomètre. Nous nous bornons à citer ce chiffre sans l'apprécier.

Cette communication a été suivie d'une discussion intéressante que nous résumerons dans la prochaine chronique.

(A suivre.)

Grosses conduites d'eau en tôle d'acier. — Nous trouvons dans les *Abstracts of foreign papers* des publications de l'*Institution of Civil Engineers* des renseignements sur l'établissement de grosses conduites d'eau en tôle d'acier en Amérique. On sait que ces tuyaux sont usités depuis longtemps en Californie (voir Chroniques de juillet et décembre 1889) et qu'ils ont été employés pour l'adduction à Paris des eaux de l'Avre.

La ville de Newark, dans l'État de New-Jersey, est alimentée par l'eau du Pequannok, tributaire du Passaic, qu'on amène de 56 *km* avec une différence de niveau de 118 *m*. Le volume maximum qu'on pourra amener à Newark sera de 190 000 m^3 par vingt-quatre heures ; pour le moment le volume n'atteint que la moitié environ de ce chiffre.

La partie la plus intéressante de ce travail est la conduite de 1,22 *m* de diamètre et 33 800 *m* de longueur en tôle d'acier, assemblée à rivets. Il y a trente ans qu'on a établi des conduites de ce genre en Californie, mais leur emploi dans les États de l'Est est beaucoup plus récent. On a employé en 1874 la tôle d'acier pour des conduites de 0,915 *m* et 0,601 *m* à Rochester, État de New-York, mais ces conduites avaient des joints

(1) Nous nous sommes bornés à traduire en mesures métriques les chiffres indiqués dans le mémoire de M. Sears, sans chercher à les vérifier en aucune manière. — A. M.

de dilatation en fonte tous les 17 *m*, tandis qu'une des particularités caractéristiques des conduites de Californie est l'absence de toute disposition pour prévenir les effets de la dilatation et de la contraction.

La conduite de Newark a été disposée de même et l'expérience de trois hivers consécutifs, pendant lesquels on l'a remplie et vidée plusieurs fois avec des variations de température considérables, n'a révélé aucun inconvénient dans cette disposition. La seule précaution à prendre est de faire tous les joints circulaires assez forts pour résister aux tensions et compressions correspondant à une variation de température d'environ 25 degrés. Il faut également donner une force suffisante aux brides et aux corps des vannes interposées dans la conduite. Il y a neuf de ces vannes dont l'ouverture a le même diamètre que la conduite; elles sont munies d'un robinet de vidange dont le mouvement est combiné avec celui de la vanne, de telle sorte qu'on ne peut fermer celle-ci avant que le robinet soit ouvert et réciproquement.

La conduite n'a pas à supporter d'autre pression que celle due à la différence de niveau des deux extrémités puisqu'elle réunit deux réservoirs. On n'a donc pas eu à leur donner des épaisseurs excessives. Elle est faite en tôle d'acier sur sole de qualité supérieure; ces tôles ont 6,4 *mm*, 8 *mm* et 9,6 *mm* d'épaisseur. L'acier Bessemer eût coûté moins cher, mais avec son emploi on n'eût pas pu poinçonner les tôles avec sécurité, il eût fallu forer les trous de rivets. On a pris dans la fabrication de grandes précautions pour empêcher le métal de se rouiller. Le transport des laminoirs à l'atelier a été exécuté dans des voitures fermées, le chargement et le déchargement des tôles se faisant à couvert. Les feuilles, à l'arrivée à l'atelier, étaient poinçonnées avec des machines à poinçons multiples, affranchies sur les bords, cintrées, rivées à la presse hydraulique, les joints matlés avec un outil pneumatique et les tuyaux trempés à deux reprises dans un bain d'asphalte liquide. La pose des conduites est décrite avec des détails très complets dans le mémoire original qui a paru dans le *Journal of New England Waterworks Association* de septembre 1893.

Traversée rapide de l'Atlantique. — Les paquebots de la Compagnie Cunard *Campania* et *Lucania* entrés en service le premier l'année dernière, le second cette année, ont donné des résultats remarquables comme vitesse, ils ont abaissé tous les records relatifs au passage entre l'Europe et les États-Unis tant dans un sens que dans l'autre. Ainsi, pour la traversée de retour d'Amérique en Europe, le *Lucania* l'a accomplie à la fin du mois dernier en 5 jours 13 heures et 30 minutes, soit avec une heure et vingt-cinq minutes de moins qu'aucune traversée précédente. Ce paquebot se trouve détenir cinq records : le plus rapide voyage de début, la plus grande vitesse pendant trois jours consécutifs, la plus grande pendant cinq jours consécutifs, la plus courte traversée d'Amérique en Europe, et également la plus courte d'Europe en Amérique.

Le 20 octobre dernier, le *Campania* est arrivé à Sandy-Hook après un passage de 5 jours 13 heures et 25 minutes, gagnant 20 minutes sur la plus courte traversée précédente. La durée indiquée est la durée réelle

du parcours. La différence de temps entre Daunt's-Rock, longitude 8°45', latitude 51°30', et Sandy-Hook, longitude 74°00'09", latitude 40°27'42", est de 4 heures 35 minutes.

Le *Campania* a passé devant Daunt's-Rock le 14 à 13 heures 35 minutes, heure de Queenstown et devant Sandy-Hook le 19 à 22 heures 25 minutes, heure locale, la différence est 5 jours 8 heures 50 minutes, à quoi il faut ajouter la différence d'heure, soit 4 heures 35 minutes, total 5 jours 13 heures 25 minutes.

Le *Lucania* a, dans sa dernière traversée vers l'est, fait par jour successivement 28, 480, 469, 490, 500, 490 et 348 milles, soit en tout 2 805 milles de 6 085 pieds ou 1854,7 *m*. On entend par jour le temps qui s'écoule entre le midi à l'heure locale et le midi suivant à l'heure locale du méridien où se trouve le navire. Le *Lucania* ayant franchi l'espace correspondant à une différence de longitude de 65°15', soit 4 heures 21 minutes de temps, en 5 jours 13 heures 30 minutes, chaque jour de 24 heures est diminué en moyenne de 50 minutes et, pour la même vitesse vers l'ouest chaque jour doit être augmenté de la même quantité. Un parcours journalier de 500 milles fait par le *Lucania* allant vers l'est fait une différence de 48,8 minutes par jour et équivaut à 517,6 milles sur le méridien et 535,2 milles pour une traversée vers l'ouest.

Les parcours du *Campania* allant vers l'ouest ont été, pour la dernière traversée de 456, 517, 524, 523, 533 et 233, total 2 786 milles ; le plus élevé, celui de 533, n'est pas tout à fait équivalent à celui de 500 milles du *Lucania* allant vers l'est, lequel correspondrait, comme on vient de le voir, à 535,2 milles. Le *Lucania*, dans sa dernière traversée à l'ouest, a fait en un jour 560 milles; le meilleur parcours du *Campania* a été de 548 milles dans le même sens, de sorte que le *Lucania* peut être considéré comme le plus rapide navire (1). Le meilleur parcours du *Paris* (ex *City of Paris* de la ligne Inman) est de 530 milles.

Le mot mille (mille marin) n'a pas une signification aussi précise qu'on pourrait le croire et ces records seront mieux compris si on les exprime en *statute miles* ou milles géographiques de 5 280 pieds ou 1609,34 *m*.

Le mille marin ou nœud a, en effet, diverses valeurs (voir le manuel de Trautwine). Le mille anglais est de 6 086,44 pieds ou 1 855,15 *m*; le mille de l'Amirauté 6 080 pieds ou 1 853,18 *m* ; le mille marin et géodésique des Etats-Unis 6 080,27 pieds ou 1 853,27 *m*. Le mille de la Compagnie Cunard est de 6 085 pieds, soit 1,1524 mille géographique de 5 280 pieds ou 1 854,70 *m*.

On peut donc établir comme suit les parcours journaliers les plus élevés accomplis par les deux paquebots : *Lucania* 560 milles vers l'ouest, ce qui fait 541,5 milles par vingt-quatre heures ou 22,56 nœuds à l'heure ; *Campania*, également vers l'ouest, 548 milles en un jour, ou 526 à 530,5 milles par vingt-quatre heures, ou 21,91 à 22,10 nœuds à l'heure, suivant que le parcours journalier a été fait vers l'ouest ou vers

(1) Ceci n'est plus exact, car le *Campania*, parti le 28 octobre dernier de New-York, est arrivé à Queenstown après une traversée de 5 jours 12 heures 7 minutes, battant tous les records précédents et gagnant par conséquent 1 heure 23 minutes sur la plus courte traversée du *Lucania* dans le même sens.

l'est. Exprimé en milles géographiques, le parcours le plus élevé d'un jour est, pour le *Lucania*, de 26 milles (41,84 *km*) et pour le *Campania* de 25,26 à 25,46 milles (40,65 à 40,97 *km*).

Les plus grandes vitesses moyennes pour toute une traversée sont : *Campania*, juin 1893, 2 864 milles marins parcourus en 5 jours 15 heures 37 minutes, ce qui fait 21,12 nœuds à l'heure ou 24,34 *statute miles ; Lucania*, dernière traversée à l'est 2 805 milles en 5 jours 13 heures 30 minutes, soit 21,01 nœuds à l'heure ou 24,21 *statute miles*. La plus grande vitesse moyenne du *Paris* est 20,70 nœuds ou 23,85 *statute miles*.

La distance parcourue par ces paquebots varie de 2 563 à 2 864 milles, alors que le parcours direct ne mesure que 2 526, c'est-à-dire que les navires font de 1,3 0/0 à 13 0/0 de plus de parcours qu'il n'est absolument nécessaire ; c'est pour éviter les collisions et les icebergs. La route à l'ouest, telle qu'elle est prescrite aux capitaines par la Compagnie, est bien plus courte que la route à l'est et, de plus, elle est, de juillet à janvier, plus courte que de janvier à juillet, ce qui explique en grande partie pourquoi les traversées sont plus courtes en automne que dans le printemps et le commencement de l'été.

Voici les distances parcourues suivant les sens et les saisons :

	Vers l'est	Vers l'ouest
Du 15 janvier au 14 juillet. . .	2 843	2 653
Du 15 juillet au 14 janvier. . .	2 756	2 563

Il est intéressant de donner, à titre de comparaison, la durée des plus rapides traversées accomplies jusqu'ici et les noms des paquebots qui les ont faites. Il s'agit de traversées vers l'ouest, c'est-à-dire d'Europe en Amérique.

Paris. .	mai . . 1889 . .	5 jours	23 heures	7 minutes.
Paris. .	août. . 1889 . .	5 —	19 —	18 —
Majestic.	juillet . 1891 . .	5 —	18 —	8 —
Teutonia.	août. . 1891 . .	5 —	16 —	31 —
Paris. .	octobre. 1892 . .	5 —	15 —	58 —
Paris. .	octobre. 1892 . .	5 —	14 —	24 —
Lucania.	octobre. 1893 . .	5 —	13 —	45 —

Les détails ci-dessus sont extraits du *Railroad Gazette*. Des descriptions extrêmement détaillées des paquebots *Campania* et *Lucania* ont été données dans les journaux anglais, notamment dans l'*Engineering* du 21 avril dernier, en 75 pages, et dans l'*Engineer* du 13 octobre, en 16 pages, et, dans chaque cas, avec de nombreuses illustrations. La *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* publie en ce moment, sur le même sujet, des articles très remarquables dus à la plume de MM. Goerris et Riess. Comme nous n'avons jusqu'ici que mentionné, pour ainsi dire, ces magnifiques navires, c'est le moment de donner, sur leur construction, quelques renseignements plus précis que nous emprunterons aux diverses publications que nous venons de citer.

On appréciera mieux, du reste, leur importance par l'examen de di-

verses étapes franchies depuis cinquante ans dans la construction des paquebots destinés à la navigation entre l'Europe et l'Amérique du Nord, résumées dans le tableau ci-joint extrait de l'*Engineering* et complété par nous.

NOMS DES PAQUEBOTS	*Britannia*	*Persia*	*Gallia*	*Umbria*	*Campania* *Lucania*
Année de la construction .	1840	1856	1879	1884	1892-93
Propulseur.	Roues	Roues	Hélice	Hélice	2 hélices
Système de machines . . .	Basse pression	Moyenne pression	Compound	Triple expansion	Triple expansion
Charbon brûlé pour une traversée.	570 *t*	1 400 *t*	1 836 *t*	1 900 *t*	2 900 *t*
Chargement	224	750	1 700	1 000	1 620
Nombre de passagers . . .	115	250	320	1 225	1 700
Force en chevaux indiqués.	710	3 600	5 000	14 500	30 000
Pression effective aux chaudières.	0,63 *kg*	2,32 *kg*	5,27 *kg*	7,73 *kg*	11,6 *kg*
Charbon brûlé par cheval.	2,28 *kg*	1,70 *kg*	0,85 *kg*	0,85 *kg*	0,67 *kg*
Vitesse maxima en nœuds.	8,5	13,1	15,5	19	22

Le premier des navires, le *Britannia*, faisait partie de la flotte de début de la Compagnie Cunard, flotte bien modeste qui se composait des quatre paquebots à roues *Acadia*, *Britannia*, *Caledonia* et *Colombia*, faisant le service entre Liverpool, Halifax et Boston. C'étaient des bateaux en bois de 69,50 *m* de longueur, 10,60 *m* de largeur, 6,80 *m* de creux, jaugeant 1 155 *tx* et en déplaçant 2 050 au tirant d'eau moyen de 5,05 *m*. Ces dimensions étaient déjà considérables pour l'époque, si on pense que les vaisseaux de ligne de premier rang n'avaient que 60 à 63 *m* de longueur.

Ces paquebots étaient mus par des roues de 8,54 *m* de diamètre, dont les vingt et une aubes fixes avaient 2,50 *m* de longueur.

Les roues étaient mues à raison de seize tours environ par minute, par de très belles machines à balanciers latéraux et bâtis gothiques construites par R. Napier, de Glascow. Les cylindres avaient 1,83 *m* de diamètre et 2,08 *m* de course. Leur puissance nominale était de 400 *chx* donnant environ 700 *chx* indiqués. La vapeur était fournie par quatre chaudières à carneaux avec douze foyers en tout ayant une surface collective de grilles de 20,60 m^2 et de chauffe de 251 m^2.

Le *Persia*, indiqué sur le même tableau, était un navire en fer, également avec des machines à balancier de R. Napier ; on sait que ce fut, avec le *Scotia* qui le suivit de près, un des deux derniers navires à roues de la Compagnie Cunard.

(A suivre.)

L'Exposition de Chicago. — Le succès de l'Exposition de Chicago a été une question très discutée. Aujourd'hui que cette Exposition est terminée, on peut tout au moins se rendre compte de sa fréquentation qui a été, en réalité, énorme, ce qui étonnera beaucoup de personnes qui jugent d'après les impressions recueillies au début. Le nombre des visiteurs n'est pas, en effet, bien inférieur à celui des entrées à l'Exposition de Paris en 1889.

Voici les chiffres d'entrée de Chicago tels que nous les trouvons dans les journaux américains que nous rapprochons de ceux de Paris :

	Paris 1889	Chicago 1893
	—	—
Total des entrées payantes.	25 398 609	21 477 212
— non payantes	6 951 688	6 052 188
TOTAL GÉNÉRAL	32 350 297	27 529 400

Les entrées payantes ont donc été, à Chicago, de 84,5 p. 100 du chiffre correspondant de Paris et les entrées totales de 85,1. Si on considère les difficultés qui ont entouré les débuts de l'Exposition de Chicago, les retards énormes qu'ont subis la plupart des installations, la fermeture le dimanche dans les premiers temps, on trouvera ce résultat très satisfaisant, puisqu'il ne correspond qu'à 178 jours, alors qu'à Paris l'Exposition a été ouverte 184 jours.

Il est intéressant d'indiquer les chiffres comparatifs pour quelques grandes Expositions internationales avec les totaux, les moyennes par jour et le maximum ; il s'agit ici des entrées *payantes :*

		Totaux	Moyenne	Maximum
		—	—	—
Paris	1855.	5 162 000	25 940	121 000
Londres	1862.	6 250 000	34 000	62 000
Paris	1867.	10 200 000	47 000	184 000
Vienne	1873.	7 255 000	39 008	139 000
Philadelphie	1876.	9 911 000	62 892	274 919
Paris	1878.	16 100 000	83 000	210 000
Paris	1889.	25 398 609	137 000	387 877
Chicago	1893.	21 477 212	121 000	716 881

Le maximum de fréquentation a eu lieu à Chicago le « jour de Chicago », 9 octobre, le 22e anniversaire du grand incendie de 1871 ; il y a eu 761 942 entrées dont 45 061 gratuites et 716 881 payantes, dont 683 742 de personnes adultes à plein tarif et 33 139 d'enfants à prix réduit. A Paris, le plus grand nombre de visiteurs correspond au 13 octobre où il y a eu 387 877 entrées payantes et 420 647 entrées totales.

A Chicago, il y a eu 92 jours avec plus de 100 000 entrées, 24 jours à plus de 200 000, dont 1 en juillet, 1 en août, 4 en septembre et 18 en octobre. Il y a eu enfin 4 jours à plus de 300 000 entrées, savoir les 9, 10, 11 et 19 octobre.

Dans la semaine dite de Chicago qui a fini le 14 octobre, le nombre total des entrées s'est élevé à 2 250 000, soit 321 000 en moyenne par jour, ou, si on excepte le 9 où il y a eu 761 942 entrées, une moyenne de tout près de 250 000 pour chacun des six autres jours.

La moyenne a été constamment en augmentant ; de 54 700 par jour en mai, elle a passé à 119 000 en juin pour atteindre 264 850 en octobre. Si la fréquentation avait été tout le temps au taux de ce dernier chiffre, le total des visiteurs aurait atteint 48 millions.

L'Exposition de Chicago peut avoir été un insuccès comme affaire

financière, mais il en est pas moins vrai que les recettes ont été colossales. Les journaux américains donnent pour les recettes aux portes *gate receipts* le chiffre de 10 626 350 dollars, ce qui correspond à 54 1/2 millions de francs environ. Les recettes d'entrée de l'Exposition de 1889 ayant été de 21 583 547 *f*, on voit que le chiffre de Chicago représente deux fois et demie celui de Paris.

La « semaine de Chicago » a donné à elle seule une recette de près de 10 millions et le 9 octobre, le « jour de Chicago », les sommes encaissées ont atteint le chiffre sans précédent de 1 875 000 *f*.

Les concessions diverses ont produit 20 millions de francs pour l'Exposition et on peut estimer les recettes de toute nature à un total de 144 millions de francs; les dépenses s'élevant au 31 octobre à 156 millions, le déficit serait de 12 millions de francs environ dont la plus grande partie peut être recouvrée. Ces chiffres sont d'ailleurs approximatifs seulement et non définitifs.

Les journaux américains disent que toutes les concessions de l'Exposition ont gagné de l'argent; en tout cas, la plus intéressante peut-être, la roue Foris, dont nous avons déjà parlé à diverses reprises dans nos Chroniques, en a gagné beaucoup, comme nous l'avons déjà indiqué. Inaugurée seulement dans le courant de juin, elle a reçu 1 453 611 visiteurs et fait une recette de tout près de 4 millions de francs. Une somme de 1 500 000 *f* ayant été déduite pour couvrir les dépenses d'établissement, il restait, après prélèvement des frais d'exploitation, un surplus de 2 millions de francs à partager entre l'Exposition et le concessionnaire, soit 1 million pour chacune des deux parties.

Les publications officielles de l'Exposition de 1889 donnent comme recettes *brutes* totales de toute nature de la Tour Eiffel du 15 mai au 6 novembre le chiffre de 6 1/2 millions de francs. Il semble, surtout si on tient compte du moindre temps qu'a duré l'exploitation de la roue Foris, que les recettes *brutes* de celles-ci n'ont pas dû être bien éloignées du chiffre précédent et que la réussite financière des deux entreprises a dû être sensiblement la même. Cette similitude dans le succès et une certaine analogie dans la destination ne permettent-elles pas de dire que, si la Tour Eiffel a été, au moins pour les masses, le *clou* de l'Exposition de 1889, la roue Foris a été, dans les mêmes conditions, le clou de l'Exposition de Chicago? Mais le véritable clou de celle-ci, un clou doré, on peut le dire, est le chiffre colossal des recettes d'entrée.

La distance considérable de l'emplacement de l'Exposition et la disposition de cet emplacement ont fait jouer aux moyens de transport un rôle capital, aussi ceux-ci ont-ils eu à faire face à un trafic énorme. Durant la durée du *World's Fair*, les grandes lignes de chemins de fer, en dehors des services de banlieue, ont transporté 12 870 000 voyageurs; l'*Illinois Central*, sur ses lignes de banlieue et sa ligne de l'Exposition, 18 millions; le *Chicago City R. R.*, 94 millions; le *West Side Cable R. R.*, 60 millions; l'*Alley Elevated*, 22 millions, et les bateaux de toute espèce 3 millions seulement.

Le « jour de Chicago », 9 octobre, cette dernière ligne a transporté dans les vingt-quatre heures, avec des trains à trois minutes d'intervalle, 294 800 voyageurs. Le *Chicago City* 757 000, dont 500 000 par

câble, 90 000 par l'électricité et le reste par chevaux. L'*Illinois Central* a transporté ce même jour 540 000 voyageurs et les bateaux seulement 50 à 60 000, ce qui est peu relativement à leur capacité de transport.

Enquête sur l'enseignement de la mécanique. — Sous le titre « Referendum des Ingénieurs. — Enquête sur l'enseignement de la mécanique », notre collègue M. Dwelshauvers-Dery, l'éminent professeur de mécanique appliquée à l'Université de Liège, et M. Julien Weiler, ingénieur du matériel des charbonnages de Mariemont et Bascoup, viennent de faire paraître chez Marcel Nierstrasz, à Liège, un intéressant volume relatif à la question si importante de la création de laboratoires de mécanique ; ils ont eu la bonne attention de l'offrir à la bibliothèque de notre Société.

L'ouvrage commence par une étude de M. Dwelshauvers-Dery sur les laboratoires de mécanique et les écoles techniques supérieures, dans laquelle l'auteur fait connaître le développement historique de cette institution et son état actuel dans les divers pays, montre l'opinion qui règne universellement aujourd'hui à leur égard et l'utilité qu'il y a de combler de regrettables lacunes. Il rappelle le vœu adopté par le Congrès de mécanique appliquée tenu à Paris en 1889, déclarant « qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension des laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des Arts et Métiers. » L'auteur cite également les opinions favorables émises sur l'utilité des laboratoires d'essais annexés aux écoles techniques supérieures par une foule de personnes autorisées, savants, professeurs, ingénieurs, parmi lesquelles nous trouvons les noms de plusieurs de nos collègues les plus éminents, MM. de Comberousse, Polonceau, etc.

On trouve dans cette partie d'intéressants détails sur les établissements de ce genre en Amérique pour lesquels, comme pour tout ce qui concerne l'enseignement technique, le vieux monde peut aller prendre des leçons dans le nouveau. Il nous suffira de citer l'Université si connue de Cornell dont fait partie l'école de mécanique dite « Sibley College », du nom de son fondateur, dirigée par notre collègue le professeur Thurston. Cette Université comptait, en 1889-90, 1 300 élèves dont la moitié suivait les études d'architecte, d'ingénieur civil ou d'ingénieur mécanicien. La bibliothèque, prévue pour 1 million de volumes, en possède déjà la moitié et jouit d'un revenu annuel de 75 000 à 90 000 *f*. Le laboratoire de Sibley College renferme des dynamos pour l'éclairage commandées par une turbine, des machines à vapeur, des chaudières pouvant fournir de la vapeur pour 600 *chx*, les installations pour essais calorimétriques, hydrauliques, de matériaux, de lubrifiants, de combustibles, des ateliers d'ajustage, forge, fonderie, etc., toutes les installations d'un laboratoire électrique complet. Les cours réguliers comprennent quatre années dont deux préparatoires.

M. Dwelshauvers termine son exposé par cette conclusion : « L'enseignement de la mécanique appliquée, dans un bon nombre d'écoles,

demande une réforme dont M. Schrœter (le professeur bien connu de Munich) a donné la formule :

» Beaucoup moins de leçons orales *ex cathedra* ;

» Beaucoup plus d'exercices pratiques, manipulations dans le laboratoire et étude personnelle des résultats des essais. »

A la suite de cette étude vient, sous le titre « Ce qui manque au jeune ingénieur », une lettre de M. J. Weiler à M. Dwelshauvers-Dery, dans laquelle l'auteur insiste sur les points faibles de l'enseignement actuel et sur la nécessité d'une réforme, non seulement dans l'intérêt de l'industrie et de la science, mais dans celui des écoles d'ingénieurs elles-mêmes. La question y est traitée avec un sens parfait et des aperçus très intéressants.

C'est sur ces deux notes, écrites au commencement de 1892, que les auteurs ont appelé l'attention du monde savant et industriel en sollicitant des personnes auxquelles ils les envoyaient une appréciation sur la question et ce sont les réponses obtenues qui forment la seconde partie de l'ouvrage, justifiant le titre de « Referendum des Ingénieurs » qui lui est donné. Ces réponses émanent : 1° de professeurs de l'enseignement technique, ingénieurs et industriels ; 2° de professeurs à tous les degrés de l'enseignement autre que technique, des professions libérales et diverses ; 3° d'articles de journaux.

Elles ont été insérées avec la plus complète impartialité, car si l'immense majorité approuve complètement les vues des auteurs, quelques-unes, sans les contredire absolument, laissent passer une certaine appréhension de voir les enseignements pratiques prendre peu à peu la place de l'enseignement théorique et rabaisser le niveau des études. « On peut, dit M. A. Stevart, professeur à l'Université de Liège, séparer nettement la Science de l'Ingénieur de l'Art de l'Ingénieur. La première seule peut s'apprendre à l'école ; la seconde est un fruit tardif d'une expérience souvent longue et c'est s'égarer que de chercher à rendre les cours pratiques en les surchargeant de longs détails technologiques. »

Les auteurs se défendent, bien entendu, de vouloir verser dans cet excès et attribuent les réponses auxquelles nous faisons allusion à une interprétation inexacte des termes de certains passages de leur note. Quoi qu'il en soit, nous pensons qu'on lira avec beaucoup d'intérêt les nombreuses citations, émanant pour la plupart de personnes autorisées, relatives à une question dont l'importance n'est pas douteuse. « Le but de cette campagne est, disent les auteurs, de s'informer s'il y a des yeux ouverts sur les défectuosités de l'enseignement technique, outil principal de la formation de notre richesse industrielle, d'ouvrir ceux qui étaient naturellement ou délibérément fermés, de montrer à ceux qui ont les yeux ouverts qu'ils sont légion et que, s'ils le veulent, ils n'ont qu'à serrer les rangs et, au grand bénéfice de tous, la réforme s'opérera sans délai. »

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1893.

Séance générale du 9 juin 1893.

Distribution des récompenses. — Rapports divers.

AOUT 1893.

Rapport de M. BRULL sur le **générateur de vapeur de M. Henri Martin,** à Sotteville-les-Rouen.

Ce générateur se compose de deux corps cylindriques contenant des tubes d'assez gros diamètre, 120 *mm*, et communiquant dans le haut avec un réservoir de vapeur transversal. Ces corps sont réunis dans le bas par de grosses communications avec trois bouilleurs transversaux chacun, de sorte qu'il y a six de ces bouilleurs parallèles et juxtaposés ; un septième bouilleur sert de réchauffeur. Les grilles, au nombre de deux, sont sous les trois premiers ; les flammes chauffent le dessous des bouilleurs, s'élèvent à l'arrière du fourneau et reviennent à l'avant en léchant le dessus des mêmes bouilleurs, puis passent dans les tubes des corps cylindriques pour gagner un carneau qui les conduit à la cheminée.

L'application de ce système a été faite à un générateur de 150 m^2 de surface de chauffe, qui fonctionne depuis le mois de juillet 1891 chez MM. Long frères, manufacturiers à Sotteville-les-Rouen.

Dans un essai fait en décembre 1891, on a constaté une production de vapeur de 14 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et 8,6 *kg* par kilogramme de charbon de Cardiff.

Cette chaudière a été trouvée en parfait état par l'inspection de l'Association normande des propriétaires d'appareils à vapeur, après dix-neuf mois de fonctionnement. L'appareil est bien concentré et par suite peu volumineux, il est sûr et facile à nettoyer et à entretenir. Le rapport est accompagné d'une description détaillée et d'une planche.

Rapport de M. le général SEBERT sur un **appareil pour la transformation des coordonnées** construit par M. BARTHÉLEMY.

Cet appareil, construit sur les indications de M. Bertrand, adjoint principal du génie, a pour but de donner par de simples lectures les côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle dont on connait l'hypoténuse et l'angle à la base, ou, d'une façon plus générale, de trouver les coordonnées rectangulaires d'une série de points dont la position a été déterminée en coordonnées polaires.

Cet appareil, formé d'un quart de cercle divisé sur lequel se meut une alidade pivotant autour de son centre et d'une règle fixe sur laquelle coulisse un chariot portant une règle d'équerre, est logé dans une boite rectangulaire peu volumineuse. Il est d'un emploi très courant et permet d'opérer rapidement les opérations avec une précision au moins égale à celle que l'on obtient avec une règle à calcul de 0,50 *m*.

Rapport de M. H. ROUART sur les **appareils de fermeture de sûreté**, de M. P. BLANCHET.

Ces appareils sont destinés à préserver des tentatives faites par les voleurs ou les cambrioleurs; l'idée qui les domine est, outre la possibilité de faire fonctionner, comme il est d'usage, des sonneries électriques, de faire détonner des cartouches ingénieusement placées. Les applications de ce principe sont faites à des serrures de portes, de fenêtres et de volets, etc.; elles peuvent rendre de réels services pour prévenir les tentatives d'effraction.

Rapport de M. GRÜNER sur **la question des règlements d'atelier**.

Ce rapport examine la législation étrangère au point de vue de la réglementation des ateliers. Il passe en revue les dispositions qui régissent la matière en Suisse, en Allemagne, en Belgique, en Russie, en Angleterre, en Autriche-Hongrie et fait l'analyse des propositions prises en considération par la Chambre des députés et étudiées en ce moment par une Commission sénatoriale. Il conclut que l'utilité d'une loi sur les règlements d'atelier n'est pas clairement démontrée et qu'un ajournement de la proposition jusqu'au moment où la question ait pu être plus nettement étudiée, paraît la meilleure solution. Si cependant des considérations d'ordre moral doivent faire désirer le vote d'une loi de ce genre, elle devrait se borner à prévenir certains abus, notamment sur la question des amendes, le mode de paye, le délai de congé, etc.

Recherches expérimentales sur **la perte de charge dans les parcours d'air souterrain**, par M. MURGUE, ingénieur de la Compagnie houillère de Bessèges.

L'objet de ces recherches est de déterminer la diminution de pression que l'air éprouve de l'amont à l'aval en circulant dans des galeries de mines, en raison du frottement qu'il exerce contre les parois plus ou moins inégales et rugueuses du parcours. On ne disposait guère, il y a quarante ans, que des coefficients déduits des expériences de d'Aubuisson et de Navier sur l'écoulement de l'air dans les tuyaux et peu applicables dans l'espèce, lorsque M. Devillers fit des expériences sur des galeries de mines en Belgique, et donna un coefficient qui a été très utile; mais ce coefficient n'était qu'une moyenne et ne donnait pas les chiffres applicables aux divers cas qui se présentent dans la pratique. C'est cette restriction qui a motivé les recherches de M. Murgue.

Le principe de la méthode est dans la mesure des pressions à des points différents de distances connues, combinée avec un jaugeage anémométrique et les observations habituelles de la température, de la pression

atmosphérique et du degré d'humidité. Si on mesure en outre la section moyenne de la galerie et son périmètre moyen, on pourra déterminer le coefficient α de la formule de la perte de charge en fonction, de la longueur L, de la section moyenne de la galerie S, de la densité δ, de la la vitesse v

$$h = \alpha \frac{Lpv^2\delta}{S}.$$

Mais, si la méthode est simple en principe, sa mise en œuvre est extrêmement délicate et les précautions à prendre sont indiquées dans le plus grand détail. Les expériences ont été faites sur des galeries nues, des galeries voûtées en maçonnerie et des galeries cadrées. L'influence de la paroi révélée par les observations peut s'exprimer comme suit : la réduction de résistance causée par le revêtement en maçonnerie par rapport à la paroi nue est telle qu'elle compense la réduction de section causée par la pose du revêtement en briques de 0,22 *m*.

On peut donc murailler une galerie sans qu'il soit besoin de l'élargir. D'autre part, la résistance due aux cadres est telle que si l'on veut étayer une galerie avec des cadres, il faut, pour ne pas augmenter le taux de la perte de charge, commencer par porter la section au double de sa première valeur. On voit qu'avant de se préoccuper de la recherche de machines d'aérage perfectionnées, il est bon d'améliorer les voûtes des parois des galeries et, en général, réduire la résistance qui gênait la circulation de l'air.

Conférence sur les machines agricoles, faite au Palais de l'Industrie, par M. Ringelmann, professeur de génie rural à l'École de Grignon.

Après un coup d'œil général jeté sur l'ensemble des machines du concours agricole de 1893, l'auteur passe en revue quelques appareils nouveaux, les rouleaux à couronnes mobiles de M. Bajac, les plantoirs à pommes de terre de M. Pilter et de MM. Amiot et Bariat, le pulvérisateur à bât de M. Chambard, porté par un cheval ou un mulet, un coupe-collet et un arracheur mécanique de betteraves, un broyeur de sarments, un moulin agricole, un broyeur de pommes, un pressoir continu à grand travail qui, actionné par un moteur de 4 *chx*, peut presser en 12 heures 800 à 1 000 *q* de raisins donnant un millier d'hectolitres de vin.

Application du pyromètre Le Chatelier aux hauts fourneaux, par M. Lowthian-Bell. (Conférence faite, le 14 novembre 1892, à la Société des Ingénieurs de Cleveland.)

Cette application permet de surveiller la marche du haut fourneau et fait connaître les meilleures conditions de fonctionnement ; le pyromètre Le Chatelier donne les indications immédiatement. Il serait utilement complété par un enregistreur automatique.

ANNALES DES MINES

10e livraison de 1893.

Procédés d'essai des matériaux hydrauliques, par M. H. LE CHATELIER, Ingénieur en chef des mines *(suite et fin).*

Dans ce fascicule sont étudiés les essais de déformation qui ont pour objet de reconnaître par des expériences de courte durée la production des changements de volume, retrait ou gonflement qui amènent des fissures et la désagrégation finale. Ces changements de volume sont dus à la présence des expansifs, chaux ou magnésie, à la gelée, à l'action de l'air sec et chaud et à l'action des sels de magnésie, des eaux de la mer.

Le seul procédé employé jusqu'ici pour les essais de déformation est celui des galettes dans lequel on observe la production de fentes ou soulèvement d'écailles ou de gondolement. On peut employer également plusieurs méthodes pour mesurer directement le gonflement ou l'allongement de baguettes.

Viennent ensuite les essais de porosité et de perméabilité qui, bien que la Commission d'unification des méthodes d'essai ait jugé bon de les définir, ne sauraient être utilisés pour la réception des matériaux, les essais de décomposition à l'eau de mer qui ont, au contraire, une importance capitale, mais qui sont complètement à étudier ; ils sont très longs à faire et les essais de ce genre, tels qu'on les effectue actuellement, ont l'inconvénient de ne donner aucune indication sur la façon dont un mortier se comportera dans les travaux. La note examine enfin les essais d'adhérence du ciment aux matériaux de construction ; cette adhérence est très variable suivant la nature des ciments, ainsi celle des ciments de laitiers n'est que la moitié de celle des ciments portland. Cette question n'a pas encore été suffisamment étudiée et il serait prématuré d'introduire dès maintenant un tel essai dans un cahier des charges.

Comme conclusion, l'auteur fait remarquer que, si tout le monde admet que les essais sont aujourd'hui insuffisants et qu'il y a intérêt à en chercher de nouveaux, on n'est pas d'accord sur la nature de ces nouveaux essais ; il faut, pour qu'ils soient acceptables, qu'ils aient déjà fait leur preuve à l'usage. On pourrait, comme l'ont proposé MM. Guillain et Vetillart, diviser les essais en : essais de réception proprement dits, ou essais de qualité, où on mettrait les essais dont l'efficacité est incontestée et les essais d'identification comprenant les essais contestés, les nouveaux essais qui doivent faire leur preuve avant de passer dans la première catégorie, et les essais reconnus défectueux et destinés à disparaître.

Dans la première catégorie, il n'y a guère que deux essais, ceux sur lesquels tout le monde est d'accord, l'essai de rapidité de prise et l'essai de résistance à la rupture. Dans la seconde, en dehors des essais variés que chacun peut ajouter à sa guise, il en est trois dont l'usage peut être

recommandé d'une manière générale : la finesse de mouture, le durcissement initial et la déformation par les expansifs.

La note se termine par la rédaction que l'on pourrait adopter pour un cahier des charges général destiné aux essais de réception. Elle est suivie de plusieurs appendices relatifs à diverses questions : détermination de la densité des ciments, dosage de l'eau et de l'acide carbonique, description d'un appareil de rupture par écrasement, etc.

Note sur **les relations entre la pression, le volume et la température de l'acide carbonique,** par M. C. Walckenaer, Ingénieur des mines.

L'emploi de l'acide carbonique liquide et sa fabrication sont devenus courants depuis plusieurs années et les anciennes déterminations relatives à ce gaz étant aujourd'hui insuffisantes, il était utile d'en établir de plus exactes. Le mémoire cite les expériences de M. Cailletet, de M. Amagat effectuées au moyen de colonnes mercurielles installées dans des puits de mines et à la tour Eiffel. M. Amagat a donné, en 1891, le résultat de ses recherches entre la pression de 30 et de 1 000 atmosphères et entre des températures de 0 et 100° et à 137, 198 et 258°. Des tableaux donnent, pour chaque pression et chaque température, le produit p v.

La chaleur de vaporisation a été l'objet des recherches de divers expérimentateurs, en outre de M. Chappuis et de M. Mathias, ainsi que les chaleurs spécifiques de la vapeur saturée et du liquide. On trouvera dans la note de M. Walckenaer tout ce qui concerne les données relatives à l'acide carbonique et à sa manière de se comporter sous ces divers états.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin d'août-septembre 1893

Rapport présenté au comité d'utilité publique par la commission chargée d'apprécier les titres de différents mémoires au prix n° 11 : **« Maisons ouvrières à logements indépendants »,** par M. C. de Lacroix.

Le programme offrait un prix pour un projet de maisons ouvrières, à logements indépendants, présentant, à prix égal, un avantage sur les types réalisés jusqu'à ce jour. Le projet devait tenir compte des habitudes des ouvriers alsaciens et être susceptible d'application dans notre rayon industriel.

Le rapport estime que les trois projets présentés ne sont pas assez satisfaisants pour obtenir le prix, mais quelques-uns offrent des parties intéressantes et dont on pourrait tirer profit. Il ajoute qu'il ne faut pas

oublier qu'on a marché depuis plusieurs années, que l'ouvrier gagne plus et s'offre plus de bien-être, qu'il y tient et consent à le payer. Il ne faut donc pas tout sacrifier au bon marché; celui-ci doit être escorté de commodités qu'on n'est plus disposé à lui sacrifier. Cette réflexion fort juste est motivée par l'habitude qu'ont trop souvent les personnes qui s'occupent de la question des habitations ouvrières de se reporter à d'anciens modèles qui ont eu de la valeur autrefois, mais qui sont insuffisants aujourd'hui.

Rapport présenté au nom du comité d'utilité publique sur le mémoire *Dem Fleiss den Preis*, par M. IVAN ZUBER.

Il s'agit d'un volumineux mémoire en allemand présenté au concours de prix sous la devise qui précède. Le sujet de ce travail est le suivant : Quels sont les moyens d'améliorer la situation des ouvriers allemands et quelles doivent être les limites de la protection ouvrière. Le rapport donne l'analyse de ce travail et en apprécie la valeur tout en considérant quelques-unes des solutions proposées par l'auteur comme bien hasardées et en critiquant sa tendance exagérée à demander toujours et partout des lois et règlements. En résumé, l'auteur émet vingt-cinq propositions qu'il considère comme la limite de ce qui peut être fait légalement pour la protection ouvrière. Il se prononce contre la limitation générale des heures de travail, qu'il considère comme contraire à l'intérêt de l'industrie et de l'ouvrier lui-même. Comme intervention pour le salaire, il ne faudrait pas aller plus loin qu'un tarif minimum comme point de départ, dont il resterait loisible de dévier d'un commun accord.

Rapports présentés au nom du comité de chimie sur une **râcle en bronze d'aluminium** pour machine à imprimer, par MM. A. FREY et A. SCHEURER.

Ces râcles ont l'avantage de ne pas altérer les couleurs et de ne pas être attaquées par elles comme les râcles en acier, tout en ayant la même résistance que cette dernière matière au travail mécanique.

Note sur la **constitution des matières colorantes** du groupe de la fuchsine, par MM. PRUD'HOMME et C. RABAUT.

Note sur l'action de la lumière sur le **metatungstate de soude,** par M. CAMILLE SCHOEN.

Note sur le **sel d'indigo,** par M. E. FISCHER.

De la **synthèse des couleurs azoïques** sur les fibres animales : I. Note sur la formation des couleurs azoïques sur les fibres animales, par M. J. Pokorny. — II. Note sur l'action de la lumière sur les fibres animales préparées en naphtylamines, par M. J. Pokorny. — III. Rapport sur le travail de M. Pokorny concernant la formation des couleurs azoïques sur les fibres animales, par M. P. Werner.

Fabrication du chlorate de soude. — Documents présentés par MM. Pechiney et Cie, et lettre de M. G.-A. Schoen.

Il s'agit d'une question de priorité, un brevet ayant été pris par

MM. Pechiney et Cie pour un perfectionnement dans la fabrication du chlorate de soude antérieurement au dépôt par M. Schoen d'un pli cacheté contenant la description du même perfectionnement.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 44. — 4 *novembre* 1893.

Les chaudières à vapeur à l'Exposition de Chicago, par R. Stribeck.

Transporteurs à chaine sans fin, par M. Westmann *(suite)*.

Coefficient d'étranglement des tiroirs des appareils hydrauliques de levage, par H. Lang *(fin)*.

Installations pour l'enlèvement des poussières dans les ateliers, par R. Kohfahl.

Critique du système des mesures absolues, par Weinstein.— Réponse par E. Brauer.

Remarques sur l'industrie de l'aluminium aux États-Unis, par E. F. Dürre.

Variétés. — Exposition industrielle à Berlin en 1896. — Régulateur de tirage Jespersen pour chaudières à vapeur.

Correspondance. — Condenseurs à surface à refroidissement par l'air. — Tramways à câbles en Californie.

N° 45. — 11 *novembre.*

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite)*.

Les machines-outils à l'Exposition de Chicago, par W. Hartmann *(suite)*.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition de Chicago, par F. Grundler *(suite)*.

Foyers de locomotives en fer et en acier, par H. Ehrhardt.

Production de l'acier dans les petits appareils Bessemer, d'après les expériences de Walrand et Legenisel.

Groupe de Francfort. — Bateau dérocheur n° 5 du Rhin. — Machine à vapeur système Frikart.

Variétés. — Exposition nationale à Lemberg.

N° 46. — 18 *novembre* 1893.

Notes d'un voyage d'études en Amérique. — Chemins de fer, par G. Barkhausen *(suite)*.

Emploi du gaz à l'eau pour le soudage en Amérique, par E. F. Dürre.

Installations hydrauliques de Schaffouse, par W. Hartmann.

Pavage des rues en Amérique, par M. Gary.

Allumage par tubes incandescents dans les moteurs à gaz et à pétrole, par G. Lieckfeld.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'empire d'Allemagne en 1892.

N° 47. — 25 *novembre* 1893.

Reconstruction du pont sur la gare centrale à Munich.

Le chauffage et la ventilation à l'Exposition de Chicago, par H. Fischer *(suite)*.

Les moyens de transport à l'Exposition de Chicago, par Kollmann *(suite)*.

La métallurgie américaine à l'Exposition de Chicago, par E. F. Dürre *(fin)*.

Groupe de Hambourg. — Nouveau bateau brise-glace n° 3 du port de Hambourg.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 25106-12-93. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1893

N° 12

Sommaire des séances du mois de décembre 1893 :

9° *Batellerie* (La résistance à la traction du matériel de la), de M. de Mas, par M. J. Fleury et observations de MM. de Mas, de Bovet, P. Regnard, L. de Chasseloup-Laubat et G. Richard (Séance du 1er décembre), page 526 ;

10° *Situation financière de la Société* (Compte rendu de la), par M. H. Couriot, trésorier. (Séance du 15 décembre), page 532 ;

11° *Élection des Membres du Bureau et du Comité* pour l'année 1894. (Séance du 15 décembre), page 540.

Mémoires contenus dans le Bulletin de décembre 1893 :

12° *Note sur les rendements paraboliques appliqués aux voies en exploitation*, par M. Lafut, page 541 ;

13° *Note sur la raideur des câbles en chanvre, des courroies en cuir et sur le rendement comparatif des transmissions par câbles en chanvre et par courroies en cuir*, par M. Fauquier, page 558.

14° *Chronique n° 168*, par M. A. Mallet, page 582 ;

15° *Compte rendu* id., page 597.

16° *Table des Matières.*

Pendant le mois de décembre 1893, la Société a reçu :

33670 — De l'Università romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. *Annuario per l'anno scolastico 1893-94*. Roma, 1893.

33671 — De l'Attaché naval à l'Ambassade des États-Unis. *Office of Naval Intelligence. General Information séries, n° XII, 1893*. Washington, 1893.

33672 et 33673 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Rudimentary Dictionary of Terms used in Architecture, Civil Architecture, Naval Building and Construction, etc.* (2 vol. in-12 de 564 p.). London, John Weale, 1849-1850.

33674 — De M. E. Schmidt (M. de la S.). *Études de M. Leloutre sur la machine à vapeur* (grand in-8° de 14 p.). Amiens, T. Jeunet, 1893.

33675 à 33678 *bis* — Du Secrétaire du Congrès international maritime. *International Maritime Congress, London, 1893* (5 brochures grand in-8°). London, 1893.

33679 — De M. Ch. Hager. *Conférence sur la tachéométrie et la tachéographie au moyen du tachéographe universel*, par V. de Ziegler et Ch. Hager (in-8° de 29 p. et 2 pl.). Luxembourg, J. Beffort, 1893.

33680 — De la Société de secours des Amis des sciences. *Compte rendu du 33e exercice. Séance publique annuelle tenue le 17 mai 1893*. Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33681 — De l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand, par le Ministère de l'Instruction publique. *Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne, 2e série, nos 1 à 10, janvier à décembre 1892*. Clermont-Ferrand, M. Bellet, 1892.

33682 — Du même. *Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand, 2e série, fascicule 5.* Clermont-Ferrand, M. Bellet, 1892.

33683 — De l'Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. *Transactions, vol. XXXVI, 1893.* Glasgow, 1893.

33684 — De MM. Dwelshauvers (M. de la S.) et J. Weiler. *Referendum des Ingénieurs. Enquête sur l'enseignement de la mécanique* (in-8° de 376 p.). Liège, M. Nierstratz, 1893.

33685 — De M. H. Woods (M. de la S.). *City of Newton. Annual Report of the City Engineer, for the year 1892* (in-8° de 170 p. avec 11 pl.). Newton, 1893.

33686 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Mémoire sur la compression des liquides*, par MM. D. Colladon et C. Sturm (petit in-4° de 81 p. et 4 pl.), 1827.

33687 et 33688 — De M. J. Carimantrand (M. de la S.). *Manuel d'un cours de chimie*, par M. E.-J.-B. Bouillon-Lagrange, tomes I et II (2 vol. in-8° de 654 p. et de 760 p.), Paris, Bernard, 1802.

33689 — De M. B. Tignol, éditeur. *Rapport technique et pratique sur le gazéificateur Adolphe Seigle et les foyers électriques de divers genres*, par A. Charliat (in-8° de 16 p.). Paris, B. Tignol, 1893.

33690 — Du Canadian Institute. *Fifth Annual Report of the Canadian Institute, session 1892-93, being an Appendix to the Report of the Minister of Education, Ontario*, Toronto, 1893.

33691 — Du Bureau of Steam Engineering. *Annual Report of the Chief of the Steam Engineering, 1893.* Washington, 1893.

33692 — De M. L. Holman. *Annual Report of the Water Commissioner of the City of Saint-Louis for the year ending April 1893.* Saint-Louis, 1893.

33693 — De M. E. Rabinel (M. de la S.). *El porvenir de la metalurjia del fierro en Chile* (grand in-8° de 17 p. avec 1 pl.). Santiago de Chile, 1893.

33694 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1891. Documents divers, 2e partie. France, Intérêt local, Algérie et Tunisie.* Paris, Imprimerie nationale, 1893.

33695 — De M. H. Le Chatelier. *Procédés d'essai des matériaux hydrauliques* (in-8° de 167 p.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1893.

33696 — De M. James Forrest. *The Interdependence of abstract Science and Engineering*, by W. Anderson (petit in-8° de 32 p.). London, 1893.

33697 — De M. A. Hauet (M. de la S.). *Comment s'use un rail en acier fondu* (in-4° de 4 p.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1893.

33698 — De MM. Gauthier-Villars et fils. *Choix et usage des objectifs photographiques*, par E. Wallon (petit in-8° de 196 p.). Paris. Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1893.

33699 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. *Exercice 1892-93. Xe Bulletin.* Lille, L. Danel. 1893.

33700 à 33702 — De l'Institut des Ingénieurs des voies de communication. *Sbornike Institouta Injéniérove Poutéi Soobstchénia. Vüpouske XXIII et XXIV, 1892-1893.* Saint-Pétersbourg, 1892-93.

33703 — De M. A. Lencauchez (M. de la S.). *De l'air comprimé et dilaté comme moteur*, par Andraud, 2e édition, augmentée d'une partie expérimentale en collaboration avec M. Tessié du Motay. Paris, Guillaumin, 1840.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de décembre sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

E. Barbet,	présenté par MM.	P. Buquet, Godillot, Lepany.
H.-G. Houdard,	—	Chaudy, Forest, Picou.
E. Laigle	—	Blétry, Imbert, E. Joubert.
F. Schiff,	—	Bert, Cerbelaud, Aug. Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1893

Séance du 1er décembre 1893.

PRÉSIDENCE DE M. DU BOUSQUET, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

M. E. Bert a été nommé Officier d'académie et M. Maegherman, commandeur de l'Ordre d'Isabelle la Catholique.

M. H. Couriot, Trésorier de la Société, professeur à l'École des Hautes Études commerciales et à l'École spéciale d'architecture, a été, par arrêté du 21 novembre, nommé chargé du cours d'exploitation des mines à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

MM. Berthelot, Dietz-Monnin, Poirrier et Trélat ont été nommés membres de la Commission supérieure de l'Exposition Universelle de 1900.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale un travail datant de 1840, sur *l'air comprimé*, de notre regretté collègue M. Tessié du Motay et donné, à notre bibliothèque, par M. Lencauchez qui nous envoie à ce sujet la lettre suivante :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» J'ai l'honneur de vous remettre, pour la Société des Ingénieurs » civils de France, un très curieux exemplaire d'une brochure de 1840, » dans laquelle M. Andraud, en collaboration avec notre regretté col- » lègue, feu Tessié du Motay, fait connaître tout ce que l'on peut » obtenir de l'air comprimé ; dans cet ouvrage, Tessié du Motay donne, » dix, quinze, vingt et trente ans à l'avance, une variété infinie des » applications (1) de l'air comprimé à un grand nombre d'industries.

(1) La force à domicile et la perforation mécanique, etc., etc.

» Sur la première page de cette brochure se trouve le dessin d une
» voiture locomotive à air comprimé, qui a fonctionné dans Paris, *sur*
» *chemin de fer ordinaire*, le 9 juillet 1840. Cette voiture locomotive pos-
» sède un détendeur, un réchauffeur, etc., en un mot, elle est complète
» et représente le type fondamental du premier tramway à vapeur et à
» air comprimé.

» Lire la table des matières, page 143, est une chose très instructive,
» car, outre les tramways, on y trouve la locomotive pour chemins de
» fer et la locomotive routière, ainsi que la roue fluviale, genre de tur-
» bine Girard, pour la production gratuite de l'air comprimé.

« Je crois remplir un véritable devoir en offrant aujourd'hui cette
» brochure, ou mieux cet important ouvrage, à notre Société.

» Veuillez agréer, etc. »

» A. Lencauchez. »

Il est donné lecture d'une lettre de M. J. Fleury, informant la Société que la veuve de notre collègue Bouchotte fait abandon du bon souscrit par son mari à l'emprunt de 1889. M. le Président adresse à Mme Bouchotte les remerciements de la Société.

Il est donné lecture des lettres suivantes invitant les membres de la Société à assister à des expériences diverses :

Société Industrielle du Nord de la France

« Monsieur le Président,

» J'ai l'honneur de vous informer que, dans le but de chercher à dé-
» terminer, au point de vue de la force absorbée, la valeur comparative
» des transmissions par câbles et par courroie, *le Comité du Génie Civil*
» *de la Société Industrielle du Nord de la France* a décidé de faire à Lille
» des essais sur un moteur de 200 *chx* alternativement muni d'un volant
» câbles et d'un volant poulie, volant appelé à actionner une dynamo
» chargée de mesurer la différence des efforts.

» Si ces expériences vous intéressent, je vous prie de vouloir bien
» considérer la présente lettre comme une invitation à y assister, et me
» faire tenir votre réponse à ce sujet.

» Une seconde lettre vous aviserait dès lors ultérieurement de la date
» à laquelle aurait lieu, après réunion préparatoire des intéressés, ces
» essais que la Société Industrielle veut entourer du contrôle le plus
» exact et le plus absolu.

» Recevez, Monsieur, mes sincères salutations.

» Le Président du Génie Civil,

» J. Dubreuil. »

Paris, 1er décembre 1893.

« Monsieur le Président,

» M. E.-O. Lami, chargé d'une mission aux États-Unis à l'occasion
» de l'Exposition de Chicago, fera, le 9 décembre, à 8 heures et demie
» du soir, dans la salle de la Société Nationale d'Horticulture, 84, rue

» de Grenelle, une conférence, avec projections électriques, sur les faits » qu'il a observés au cours de sa mission.

» Pour la section d'Économie sociale :

» *Les Membres du Bureau*,
» Jules Siegfried,
» Cheysson,
» Charles Robert,
» Emile Chevallier.

Le Président,
Léon Say.

» Invitation pour deux personnes.

» La conférence commencera à 8 heures et demie très précises. »

Paris, 1er décembre 1893.

« Monsieur le Président,

» J'ai l'honneur de vous informer que l'on vient d'expérimenter avec » succès une application du générateur Serpollet à une voiture de la » Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine, » voiture qui circule actuellement entre la Porte-Maillot et Saint-Ouen.

» Je prends la liberté de vous prier de vouloir bien me réserver pour » une prochaine séance quelques minutes qui me permettront de don- » ner à nos collègues quelques indications techniques à ce sujet.

» En attendant, estimant que cet essai est de nature à intéresser im- » médiatement un assez grand nombre d'entre eux, je pense leur être » agréable en mettant à leur disposition une cinquantaine de cartes » d'invitation pour le mercredi 6 courant, jour où la voiture automo- » trice et ses voitures de remorque seront mises gracieusement à leur » disposition par la Compagnie des Tramways de Paris et du départe- » ment de la Seine et par la Société Serpollet.

» La voiture partira de la porte Champerret (avenue de Villiers), le » mercredi 6 décembre, à 10 heures très précises du matin.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considé- » ration très distinguée.

» G. Lesourd. »

M. le Président remercie les personnes qui ont bien voulu nous adresser ces invitations, dont les cartes sont déposées au Secrétariat, à la disposition de nos collègues.

M. le Président rappelle que le texte du sujet du concours pour le Prix Giffard, à décerner en 1896, doit être indiqué dans la séance de ce jour.

La Commission chargée de déterminer ce sujet, conformément aux articles 4 et 5 du règlement du Prix, s'est arrêtée à la question suivante :

Transmission de la puissance motrice à l'aide de l'électricité, soit aux machines-outils d'un atelier, soit aux machines d'une ligne de chemin de fer ou d'une ligne de tramways, soit aux appareils divers d'un pont, d'un navire, d'un dock, d'un chantier de travaux publics, etc.

Le concurrent devra commencer son mémoire par une revue sommaire de l'état du sujet qu'il aura choisi, puis présenter la description d'un travail exécuté ou d'un avant-projet susceptible d'exécution.

M. le Président ajoute que les Prix précédents n'ayant pas été intégralement décernés, les sommes restant sont cumulées avec le Prix de 1896, dont la valeur sera ainsi de *6 000 f.*

M. le Président donne lecture des deux lettres suivantes reçues de nos collègues, MM. Ch. Lucas et J. Gaudry :

« *Paris, le 17 novembre 1893.*

» Monsieur le Président et honoré Collègue,

» J'ai lu, avec grand intérêt, dans le numéro de septembre 1893 de » nos *Mémoires*, la remarquable étude intitulée : *La Société des Ingé-* » *nieurs Civils pendant le Siège de Paris*, et je vous demande la permis- » sion, dans l'intérêt de la vérité, de signaler une erreur qui s'y est » glissée page 269, 3e ligne et note 1 du § 5, *les Moulins du siège.*

» *L'ancienne coupole* (celle aujourd'hui presque disparue sous les nou- » veaux agencements de la Bourse du Commerce) de la *Halle au blé de* » *Paris* y est appelée « *la coupole Hittorff* » et la note dit que l'architecte » Hittorff fut « le premier peut-être qui ait employé le fer et la fonte » dans la construction des édifices. »

» Or, la coupole de la Halle au blé de Paris a été construite en fer » forgé en 1810 sur les dessins et sous la direction de *l'architecte* » *Bellangé* ou *Bélanger* et en remplacement de la coupole en charpente » de bois (système Philibert de l'Orme), élevée par *les architectes* » *Legrand et Molinos* (1) en 1782 et incendiée en 1802.

» Mais, avant Bélanger, *l'architecte Louis* avait, de 1786 à 1790, fait » construire le comble, également en fer forgé et encore existant, de la » salle du Théâtre-Français, à l'angle de la rue de Richelieu et de la » place du Palais-Royal.

» Quant à Hittorff, venu de Cologne à Paris en 1810, et alors seule- » ment âgé de dix-sept ans, il y reçut, à cette époque, de Bélanger, ses » premières leçons d'architecture (2), et il doit être cité surtout, dans » l'application du métal à la construction des édifices, pour sa collabo- » ration, de 1861 à 1865, à la charpente métallique de la gare actuelle » du Chemin de fer du Nord, à Paris, édifice dont les grandes colonnes » intérieures fondues, si je ne me trompe, en Angleterre ou en Ecosse, » portent bien l'empreinte de son style d'ornementation et dont la façade » monumentale est une de ses principales œuvres.

» Veuillez, Monsieur le Président et honoré Collègue, agréer l'expres- » sion de mes sentiments respectueux et dévoués,

» Charles Lucas,

» *Membre de la Société.* »

(1) Le père, si je ne me trompe, de notre honoré collègue et ancien Président, M. Léon Molinos.

(2) Avant de venir à Paris, et d'après ce que je lui ai entendu dire par lui-même vers 1855, Hittorff avait manié les outils du maçon et du tailleur de pierre, peut-être même le maillet du sculpteur, dans le chantier des travaux d'entretien de la cathédrale de Cologne à l'ombre de laquelle il était né en 1793.

« *Paris, 20 novembre 1893.*

» Monsieur le Président,

» Ne pouvant me rendre à la séance, j'ai l'honneur de vous envoyer » la présente réponse à la lettre de M. Ch. Lucas, qui m'a été commu- » niquée, relativement à la coupole de l'ancienne halle au blé, que j'ai » appelée coupole Hittorf dans ma notice sur le génie civil pendant le » siège de Paris. J'ai un peu d'embarras à parler d'Hittorf, étant de sa » famille ; mais il s'agit d'une question d'histoire sur un membre de la » Société des Ingénieurs, puisque Hittorf a été un de nos collègues.

» Relativement à sa nationalité, Hittorf, né à Cologne quand elle était » française, resta Français quand la frontière fut reculée. Architecte du » gouvernement et de la ville de Paris pendant quarante ans, membre » de l'Institut, Hittorf est donc bien Français et j'ajoute qu'il était un » fort bon patriote, qui n'a participé à la commande des fontes de la » gare du Nord, hors de France, que parce que la Compagnie, et lui, » n'ont pu faire autrement dans les circonstances d'alors.

» Si j'ai appelé la coupole de la halle au blé : coupole Hittorf, c'est » parce que depuis ma jeunesse je l'ai entendu appeler ainsi par les » grands artistes qui formaient sa société. Je me souviens particuliè- » rement d'Eugène Delacroix et de Baltard qui disaient à Hittorf : votre » belle coupole.

» Dans ladite coupole qui resta encore une des plus grandioses œuvres » de construction métallique, et dont le système de montage serait bien » intéressant à connaître, je ne sais quelle fut la part respective de » Bellangé et d'Hittorf son élève, son agent réceptionnaire et inspecteur » des travaux sur les échafaudages. On a toujours fait grande la part » d'Hittorf même du vivant de Bellangé dont il resta l'ami jusqu'à la » fin, et je répète que dans la qualification de coupole Hittorf, je n'ai » fait que reproduire un souvenir.

» Assurément Hittorf et son maître Bellangé n'ont pas inventé l'em- » ploi du métal dans la construction des édifices. Non seulement l'ar- » chitecte Louis avait fait en fer le comble du Théâtre-Français, mais » Charles Normand nous apprend que l'antique Panthéon de Rome a » eu sa coupole en airain.

» Ce qui, en tous cas, est certain, c'est qu'Hittorf fut en son temps » le grand promoteur de l'emploi du fer et de la fonte dans la construc- » tion et dans la décoration (témoins : la place de la Concorde, les » Champs-Élysées, l'église de Saint-Vincent-de-Paul, etc.). Malgré les » résistances de ceux qui ne voulaient admettre que le bronze, Hittorf » et Calla, son collaborateur ordinaire, avaient même ouvert un concours » pour un procédé de conservation contre la rouille. Mais il ne pro- » duisit alors rien. La galvanoplastie n'existait pas encore. On ne put » que peindre et dorer à la feuille les fontes et fers décoratifs en empâ- » tant les lignes.

» On peut certainement dire qu'Hittorf, notre ancien collègue de la » Société, a été l'initiateur de la statuaire en fonte, l'une de nos plus » belles industries françaises, qui n'a de rivales qu'en Autriche ; et qu'il » fut tout au moins l'apôtre de l'art des constructions métalliques où

» se distingua ensuite Baltard et auquel en notre temps, Eiffel, Conta-
» min et autres ont donné un si grand éclat.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression respectueuse
» de ma plus haute considération.

» J. Gaudry,

» *Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France.* »

L'ordre du jour appelle la communication de M. J. Fleury, sur les recherches expérimentales de M. de Mas sur *la résistance à la traction du matériel de la batellerie.*

M. le Président, avant de donner la parole à M. Fleury, a le plaisir d'annoncer que M. de Mas assiste à la séance, et lui souhaite la bienvenue au nom de la Société.

M. Fleury, avant de commencer, se croit le devoir de dire que la première pensée d'attirer l'attention de la Société sur les recherches si intéressantes et si neuves de M. de Mas, est due à notre regretté président Jousselin, — c'est une nouvelle preuve de son désir de varier l'intérêt de nos séances, d'étendre et de fortifier le champ de nos études, et M. Fleury tenait à rendre ce dernier hommage à sa mémoire.

M. Fleury signale d'abord l'importance de la question. La batellerie est une des industries essentielles de notre pays. Non seulement elle peut transporter à de grandes distances et par grandes masses des matières pondéreuses de faible valeur, indispensables cependant à l'industrie et à l'agriculture. Mais encore elle exerce par sa concurrence une influence des plus heureuses sur les tarifs de chemins de fer. Cette question de la concurrence, ou si l'on aime mieux, des rapports réciproques des voies navigables et des voies ferrées, a déjà été traitée plus d'une fois au sein de la Société. M. Fleury rappelle la part qu'il y a prise lui-même avec l'appui de notre collègue M. Pontzen. Le Congrès de navigation intérieure, tenu à Paris en 1892, a fait aussi une très large part à la question. On a relevé de nombreux faits démonstratifs d'une concurrence qui est dans la nature des choses. Mais en même temps on y a constaté, et M. Fleury a eu occasion de le signaler à la Société, que, grâce aux perfectionnements de leur voie, de leur outillage, de leur pratique commerciale, les chemins de fer se montrent capables de reculer de jour en jour la frontière de plus en plus indécise, qui sépare leur action légitime de celle de la navigation. On a beau dire qu'à 4 000 *f* par wagon, le transport de 300 *t* sur chemin de fer exige 120 000 *f* de matériel, tandis qu'une péniche de même capacité coûte six fois moins. Qu'importe, si les wagons font six fois plus de besogne utile que la péniche. Dans le cours d'une année, les chemins de fer utilisent 39 fois leur matériel, tandis que la batellerie n'utilise le sien que 8 fois.

Il y a donc pour la batellerie nécessité d'améliorer les conditions dans lesquelles elle fonctionne. Ce n'est pas le lieu ici de parler de son organisation commerciale, encore bien souvent à l'état de rudiment. Restent les éléments techniques, la voie, le moteur, le véhicule. C'est de ce dernier seulement qu'il s'agira aujourd'hui. M. Fleury ne peut ce-

pendant passer sous silence les améliorations considérables dont le réseau de navigation intérieure a été l'objet depuis la loi, si heureuse, si féconde, de 1879. Il y a encore à faire, mais sur les directions principales des courants commerciaux, le progrès que l'on avait en vue est réalisé. Le moteur, remorqueur, toueur, est en voie de perfectionnement, et M. Fleury rappelle les beaux travaux en ce sens de notre collègue M. de Bovet. Les expériences faites par M. Caméré ont démontré l'influence inattendue des irrégularités du lit — même d'un grand fleuve — comme la Seine sur l'effort nécessaire à la traction des bateaux et des convois. Il signale en particulier la très grande influence de la profondeur. Il est à souhaiter que ces expériences soient poursuivies. Elles constituent une méthode rigoureuse permettant de classer les défectuosités du lit, dans chaque cas particulier, par ordre d'importance. L'on essaye encore le touage sur les canaux, avec le concours de l'électricité, et les essais de halage par câbles mus mécaniquement, n'ont pas encore dit leur dernier mot. Il y a d'ailleurs pour les moteurs à vapeur de la navigation intérieure le stimulant et l'exemple des moteurs de la navigation maritime, et cette influence n'a pas été sans assurer une grande partie des progrès réalisés. Reste donc le véhicule. Tout le monde sait combien les formes et les dimensions des bateaux d'eau douce sont variées, sous l'empire de considérations d'ordre local et de traditions dont plusieurs n'ont plus leur raison d'être.

On comptait 76 types différents au recensement de 1887. Celui de 1891 ne s'est pas attaché à conserver la distinction par types. Il a catégorisé les bateaux d'après leur contenance. Il a relevé ainsi l'existence de 15 925 bateaux de toute sorte, dont 4 191 de plus de 300 *t*, 3 297 de 300 à 200 *t*. Ces deux catégories réunies représentent 47 0/0 de l'effectif numérique, et 78 0/0 du tonnage total qui est tout près de 3 000 000 *t*. Il y a accroissement des deux parts, accroissement qui s'est principalement produit dans la catégorie des bateaux de 38,50 *m*, dont l'effectif est passé de 933, en 1887, à 2 016 en 1891.

Un trait intéressant, c'est la grande division de la propriété batelière, répartie entre 8 460 propriétaires dont 6 381 n'ont qu'un bateau, 1 078 en ont deux. Ces deux catégories réunies représentent un tonnage de plus de 1 500 000 *t*, soit 65 0/0 du tonnage total. Plus de 8 000 propriétaires sont en même temps bateliers et conduisent eux-mêmes leurs bateaux. C'est donc une œuvre autant démocratique qu'économique que de chercher à améliorer l'instrument de travail de cette nombreuse population.

M. Fleury rappelle les recherches de notre regretté collègue F. Moreaux, ancien Ingénieur et administrateur de la Compagnie de Fives-Lille. Elles ne visaient, d'ailleurs, que sur un cas spécial, celui de la navigation du Rhône, et n'ont pas porté sur les types usuels, expérimentés par M. de Mas.

Les expériences de M. de Mas ont été poursuivies depuis 1889. Elles ne s'appliquent jusqu'ici qu'à des bateaux naviguant dans des cours d'eau assez vastes pour que, par rapport à celle du bateau, la section mouillée du cours d'eau puisse être considérée comme infinie. Elles ont tendu à déterminer, dans ces conditions, l'effort de traction des types

péniche, flûte, toue et margotat, dans les circonstances d'enfoncement de vitesse, de nature de la surface mouillée du bateau et des formes d'avant et d'arrière.

M. FLEURY présente à la Société les appareils employés par M. de Mas dans ses expériences : le dynamomètre et le moulinet, munis tous deux d'enregistreurs Richard. Les dispositions ingénieuses adoptées, la perfection de la construction, la rigueur du tarage, donnent toute confiance dans les indications de ces instruments (1). Il met ensuite sous les yeux de la Société les dessins schématiques des bateaux sur lesquels les expériences ont été faites. Ce sont d'abord des *péniches* de 38 *m* de long, dont *le coefficient de déplacement* est de 0,99, une *toue*, dont le coefficient est de 0,97 et trois *flûtes* ayant respectivement pour coefficient 0,94, 0,95 et 0,95.

1° Les premières expériences ont consisté à déterminer la *résistance totale* de chacun de ces types. Rapportée au mètre carré de section mouillée au maître couple à la vitesse de 1 *m*, ces premières expériences ont donné les résultats suivants : péniches, 37,7 et 38,4 *kg* ; toue, 15 *kg*; flûtes, 27 *kg*, 28,4 *kg* et 24,1 *kg*.

2° Avec *l'enfoncement*, la résistance pour un même bateau croit moins vite que la section immergée au maître couple, et plus vite que la surface mouillée totale. Ainsi à la vitesse de 1,50 *m*, qui est la plus usuelle, les résistances sont : 1 pour l'enfoncement de 1 *m*, 1,13 pour l'enfoncement de 1,30 *m* et 1,27 pour l'enfoncement de 1,60 *m*.

3° L'influence *de la surface* de la coque immergée se présume. Pour en déterminer l'importance, M. de Mas a modifié partiellement la nature de cette surface, en plaçant sur les côtés des bandes de toile cirée plus ou moins larges. On a obtenu des résultats dont ceux observés dans le cas de l'enfoncement à 1,60 *m* et à la vitesse de 1,50 *m* donnent une idée. Ce sont les suivants :

Bois ramené à l'état naturel. — Résistance totale	355 *kg*
Zone latérale de toile cirée de 1,26 *m*.	308
DIMINUTION ABSOLUE	47 *kg*

ou 13 0/0.

Une dernière expérience a porté sur une flûte dont toute la surface mouillée a été revêtue de toile cirée. On a obtenu (entre autres) à la vitesse de 1,50 *m* et à la vitesse de 1,60 *m* :

Parois à l'état naturel. — Résistance totale, comme plus haut.	355 *kg*
Revêtement de toile cirée	250
DIMINUTION ABSOLUE	150 *kg*

ou 30 0/0.

Il est à désirer que ce résultat considérable appelle l'attention sur l'emploi de la tôle dans la construction des bateaux de rivière.

(1) Ces instruments sont décrits dans le 1er fascicule des *Recherches expérimentales sur le matériel de batellerie*, publié par M. de Mas en 1891. — Un second fascicule contenant les résultats des expériences dont nous rendons compte a été publié en 1893.

4° *La longueur* a-t-elle une influence? M. de Mas l'a expérimentée sur trois flûtes à l'enfoncement uniforme de 1,60 *m*. Il a obtenu les résultats suivants, qui méritent d'être mis en évidence d'une façon particulière :

NOMS	LONGUEURS	RÉSISTANCES AUX VITESSES SUCCESSIVES DE				
		0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
	m	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
Alma	37,99	54	162	355	664	1 119
René	30,03	51	160	355	655	1 120
Adrien	20,55	51	160	355	655	1 120

Ainsi, dans les limites des expériences, la résistance est la même, quelle que soit la longueur. Ce résultat, paradoxal en apparence, a été l'objet de vérifications minutieuses et multipliées. Il doit être tenu pour acquis. Pour l'expliquer, il faut reprendre les idées de du Buat (1), qui considérait la *résistance de forme* comme composée de la *pression vive* exercée sur l'avant et indépendante de la longueur, et de la *non-pression* qui se produit à l'arrière et qui varie en sens inverse de la longueur. La *pression vive* est la même pour les trois péniches, mais la *non-pression* est plus considérable dans les bateaux courts. Par contre, dans ceux-ci la résistance due au frottement est moins considérable, puisque, étant plus courts, ils ont une moindre surface totale immergée. Il s'est établi un équilibre, une compensation, entre ces deux quantités.

5° L'influence de la *forme* est déjà mise en évidence par les premières expériences sur la résistance totale. D'autres ont confirmé les résultats obtenus. Il en résulte qu'à la vitesse de 1,50 *m* et au même enfoncement, la péniche exige un effort de traction *deux fois* plus grand que la flûte, et la flûte un effort *deux fois et demie* plus grand que la toue.

6° D'après ce qui précède, on était amené à penser que le *relèvement de la fonçure à l'avant et aussi à l'arrière* devait avoir une influence considérable. La comparaison d'une flûte avec une toue, puis avec un margotat, l'a fait ressortir. Les expériences ont donné entre la flûte et la toue des différences croissantes avec les vitesses; à celle de 1,50 *m*, on avait, par tenne de déplacement :

Flûte	1,224 *kg*
Toue	0,907
DIFFÉRENCE	0,319 *kg* ou 26 0/0

Entre la flûte et le margotat on avait :

Flûte	2,617 *kg*
Margotat	1,296
DIFFÉRENCE	1,321 *kg* soit 50 0/0

(1) Voyez *Traité d'Hydraulique* de M. Flamant, p. 561 et suivantes.

Les circonstances ont permis d'expérimenter comparativement sur un bateau prussien dont les formes sont relevées en courbes aux deux extrémités. On a obtenu les résultats dont ceux à la vitesse de 1,50 m donnent un spécimen par tonne de déplacement comme précédemment:

Flûte.	1,528 *kg*
Bateau prussien	0,911
DIFFÉRENCE.	0,617 *kg* ou 40 0/0

Bateau-type aux extrémités en forme de cuiller. — Ces diverses expériences ont conduit M. de Mas à déterminer les formes les plus avantageuses du bateau de rivière. Ce type a des extrémités présentant un relèvement prononcé de la fonçure, relèvement que par analogie on peut comparer à une *cuiller*. La même désignation est venue à l'esprit d'un constructeur allemand, M. Klespch, de Weimar, qui poursuivait de son côté des recherches analogues et est arrivé à la même forme que M. de Mas. Cette forme ne demande à la capacité qu'un sacrifice modéré. Son coefficient de déplacement reste compris entre 0,90 et 0,95, tandis que celui de la péniche est de 0,99. Par contre, sans parler de l'amélioration des qualités nautiques, *les frais de traction sur les rivières seraient ramenés à 25 0/0* ou le quart de ce qu'ils sont actuellement avec les péniches. Avec le même effort, un remorqueur pourrait trainer, soit quatre bateaux en forme de cuiller, soit une péniche.

M. Fleury signale l'importance de ce résultat. Il pourrait dès maintenant entrer dans la pratique si tout bateau était pourvu, comme le Congrès de navigation en a exprimé le désir, d'un document officiel faisant connaitre pour les différentes vitesses relatives, sa résistance à la traction. C'est ce qui se fait déjà sur le Danube. M. Fleury formule le vœu que, sans tarder, les grandes compagnies de navigation construisent quelques bateaux de ce type sur lesquels pourraient se continuer les expériences. Il souhaite aussi que les expériences qu'il sait avoir été entreprises par M. de Mas sur les canaux soient bientôt portées à la connaissance de tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la navigation intérieure.

En terminant, M. Fleury félicite M. de Mas de l'œuvre qu'il a entreprise et le remercie, ainsi que son collaborateur, M. Bertrand, conducteur des Ponts et Chaussées, du concours qu'ils ont bien voulu lui donner.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Fleury de son intéressante communication et félicite M. de Mas de ses expériences. Il retient surtout ce fait remarquable qu'aux vitesses réalisées dans les essais, la longueur du bateau n'a pas d'influence sur la résistance. Quant au mode d'attelage des bateaux qui doivent être aussi rapprochés que possible, c'est à la même conclusion qu'on arrive dans les chemins de fer, où il faudrait pouvoir coller, pour ainsi dire, toutes les voitures d'un train l'une à l'autre.

M. DE MAS, invité par M. le Président à prendre la parole, commence par remercier la Société d'avoir bien voulu consacrer une de ses séances à l'examen de ses travaux. Il rappelle qu'il doit aussi cette bonne for-

tune à notre regretté président Jousselin, et remercie M. Fleury de l'exposé qu'il vient de présenter.

Il constate qu'il a été lui-même frappé de l'anomalie qui paraît résulter de ce que les trois bateaux de longueur inégale sur lesquels il a expérimenté offraient une même résistance à la traction. Il a cherché l'explication dans ce fait que cette résistance se compose de deux termes : la *pression* à l'avant résultant de la forme de cet avant, mais indépendante de la longueur, et la *non-pression* à l'arrière qui dépend du rapport de la longueur à la largeur du bateau et qui est d'autant plus forte que ce rapport est plus faible.

M. de Mas dit que les expériences qu'il a entreprises sur les canaux paraissent devoir donner des résultats concordant avec ceux constatés sur les rivières, mais il ne peut encore donner à cet égard des chiffres précis.

M. de Mas ajoute qu'il a établi, d'après le résultat de ses expériences, une forme de bateau qui devrait donner de bons résultats et dont il montre le dessin.

Répondant ensuite à une observation de M. Anthoni, M. de Mas dit qu'il a adopté la forme en cuiller dans la pensee d'avoir un coefficient de déplacement élevé, tout en donnant à l'avant des formes relativement affinées.

M. Ed. Roy rappelle qu'il y a cinq ou six ans il a fait construire un bateau à hélice dont l'avant avait la forme des navires ordinaires et qui a été dans tous les canaux de France. Ce bateau, de 35 *m* de longueur et 5 *m* de largeur, portait 245 *tx* utiles avec un enfoncement de 1,80 *m*. Le coefficient de rendement était donc considérable. Il fait remarquer qu'en marche en rivière avec la même allure des machines la vitesse était double de celle en canal.

M. de Bovet fait remarquer que le coefficient de rendement des bateaux dont vient de parler M. de Mas varie entre 90 et 95 0/0. Il semble que l'on ne doive pas descendre au delà, car la diminution de valeur du fret ne serait plus compensée par l'économie de traction ou l'augmentation de vitesse.

M. Regnard fait observer qu'en affinant les formes et en permettant ainsi une vitesse plus grande, les bateliers pourraient faire plus de voyages et par suite arriver en fin d'année au même tonnage malgré la réduction du coefficient de déplacement ; il serait désireux de savoir s'il n'est pas possible d'établir une relation exacte entre ces diverses considérations pour faire ressortir le bénéfice final du progrès proposé.

M. de Mas répond qu'il y a lieu de distinguer entre l'exploitation des rivières et celle des canaux.

Sur les premières, on ne peut guère songer à augmenter les vitesses, le bénéfice sera dans la diminution de l'effort de traction ; sur les canaux, au contraire, l'effort de traction restant constant, on pourra augmenter la vitesse.

M. L. de Chasseloup-Laubat fait remarquer que la forme en cuiller est

adoptée presque généralement en Amérique pour les bateaux à voiles et qu'elle donne de bons résultats. Il rappelle à ce sujet le match qui a eu lieu récemment entre deux bateaux : l'un anglais à avant vertical tranchant, l'autre américain à avant en cuiller. C'est ce dernier qui a gagné. L'avant en cuiller semble donc préférable, puisque, donnant une marche aussi bonne que l'avant tranchant, il possède en outre l'avantage du maximum de capacité utile.

M. G. Richard dit que les bateaux américains du type Whaleback ont aussi cette forme d'avant.

La séance est levée à 11 heures.

Séance du 15 décembre 1893.

Présidence de M. Ch. Herscher, Vice-Président

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. le Président dit que M. H. Couriot, trésorier, l'a chargé de présenter ses excuses à la Société. Il ne peut, en effet, assister à la séance, par suite d'un accident qui le condamne momentanément à l'immobilité.

M. Charton, qui a bien voulu accepter la mission de le remplacer, a la parole pour faire, conformément à l'article 16 des Statuts, l'exposé de la situation financière de la Société (1).

SITUATION FINANCIÈRE AU 30 NOVEMBRE 1893

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était, au 1er décembre 1892, de. . .	2 408
Du 1er décembre 1892 au 30 novembre 1893, le nombre des admissions a été de 143	143
formant un total de	2 551
dont il faut déduire par suite de décès et démissions	69
Le total des membres de la Société au 30 novembre 1893 est ainsi de	2 482

Situation de la caisse au 30 novembre 1893.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1892, était de . Fr.	34 194,89
Les recettes effectuées du 1er décembre 1892 au 30 novembre 1893 se répartissent ainsi :	
A reporter	34 194,89

(1) Voir pages 354 et suivantes, le compte *Recettes* et *Dépenses*, et le *Bilan* ainsi que l'*état comparatif* des exercices 1886 à 1893.

Report 34 194,89

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations . . . . Fr.	71 510 »		
Droits d'admission	3 425 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille.	6 392,10		
Vente de Bulletins et Mémoires; Abonnements et Annonces. . .	7 008,05		
Location des salles de séances . .	7 780 »		
Don pour le fonds de secours . .	6 »		
Recettes diverses.	300 »		
		96 421,15	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. Peignot, Guérard, Grosset, de Borodine, Mocqueris, R. Blot, H.-D. Woods, Maggiar, Houdard Destabeau . . . . Fr.	6 000 »		
Dons volontaires : MM. Lemaitre, Varennes, Colladon et Robineau	1 639 »		
		7 639 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à . .			104 060,15
et le montant des recettes effectuées au 30 novembre, grossi de l'encaisse au 1er décembre 1892, monte à. Fr.			138 255,04

DÉPENSES

Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis.	32 699,15	
Affranchissements et divers. . . .	8 897,12	
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	18 195 »	
Frais de bureau, de sténographie et de séances.	2 746,40	
Prêts et secours	678,45	
Prix Annuel, Giffard 1890 et 1893 et Couvreux	6 066,35	
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage, téléphone, etc.	8 472,41	
Classement de la bibliothèque, achats de livres, reliure, etc. .	4 405,20	
Pension de Mme Ve Husquin de Rhéville.	3 000 »	
A reporter. . . . Fr.	85 160,08	138 255,04

Reports. . Fr.	85 160,08	138 255,04
Remboursement de bons de l'emprunt.	12 950 »	
Paiement des coupons échus . .	810 »	
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc.	2 827,86	
Frais de recouvrement des cotisations	1 108,52	
Frais divers	300 »	
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice.	4 921,20	
Exposition de la Société à Chicago	3 504,35	
Legs Fusco	1 035,60	
Legs Meyer	312,75	
Total des sommes employées au 30 novembre 1893.		112 930,36

Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1893, est donc de . . . . Fr.	25 324,68

Nous joignons à ce Rapport le Bilan de la Société dressé dans la forme habituelle; il est arrêté à la date du 30 novembre et se résume comme suit ; à l'actif sont portés :

L'Hôtel de la Société, pour . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 426 obligations du Midi, deux titres de 235 *f* de rente 3 0/0 et 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz, figurant ensemble pour le prix de	178 022,06
Les espèces en caisse.	25 324,68
La bibliothèque	8 404,65
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 30 novembre 1893, après réduction de 50 0/0 environ) et divers.	8 551,40
TOTAL. . . . . Fr.	499 904,99

Au passif figurent :

Nos créanciers (pour impressions, planches, reliure, travaux en cours, réfection du calorifère, etc.) . . . . Fr.	6 896,51
Les prix divers (échus ou en cours) s'élevant à.	5 206 »
Le compte « Fonds de secours »	221,15
Le montant des dons et exonérations restant à consolider .	5.469,21
Notre emprunt de 75 000 *f*, réduit à ce jour à	650 »
Les coupons restant à payer ou à échoir.	48 »
Le capital social s'élevant à	481 414,12
CHIFFRE ÉGAL. . . . . . . Fr.	499 904,99

L'Avoir de la Société, à ce jour, s'élève ainsi à	481 414,12
alors qu'il était, le 1er décembre 1892, de	455 501,82
il a, par suite, augmenté, durant l'exercice, de. . . . Fr.	25 902,30

Cette augmentation de près de 26 000 *f* de notre avoir social est notablement plus forte que celle des exercices précédents ; elle est due tout d'abord aux économies normales de l'exercice, puis, pour le surplus et pour une partie importante, aux bénéfices provenant de l'aliénation d'un certain nombre de nos obligations du Fonds courant, vente que nous avons dû réaliser pour rembourser le solde de notre emprunt ; aux abandons de bons qui nous ont été faits à cette occasion ; aux dons de MM. Lemaître, Varennes et Robineau, ainsi qu'au legs d'une somme de 1 000 *f* que nous a fait notre regretté collègue D. Colladon.

Cette année encore, malgré nos appels pressants et réitérés, nous voyons fléchir légèrement, comme l'année précédente, le montant des locations des salles de séance de la Société ; nous trouvons, en revanche, une compensation dans les ventes de nos bulletins et mémoires, ainsi que dans le chiffre de nos annonces.

Nous avons établi, au cours de cet exercice, le catalogue complet de notre bibliothèque ; il est actuellement à l'impression et nous pourrons, vers le milieu de 1894, le faire paraître et le distribuer aux souscripteurs.

Il y a lieu à ce sujet de faire remarquer que nous continuons à amortir annuellement toutes les dépenses faites pour la bibliothèque ; elle ne figure, en effet, à notre actif, depuis plusieurs années, que pour une somme de 8 404,65 *f*, bien inférieure à sa valeur réelle ; nous avons fait supporter également à l'exercice toutes les dépenses relatives à la participation de la Société à l'Exposition de Chicago, ainsi que les frais faits jusqu'à ce jour pour soutenir les procès pendants et relatifs aux legs Fusco et Meyer.

Chaque année, nos frais d'encaissement de cotisations s'accroissent, et nous devons insister auprès de nos collègues pour les engager à ne pas retarder le paiement de leur quittance et à ne pas en attendre la présentation pour acquitter leur cotisation.

De nombreux abandons de bons de l'emprunt nous ont été spontanément et généreusement faits au cours de l'exercice : 80 bons nous ont été abandonnés par MM. J. Allard, Anthoni, Baudot, Bouchotte, Bourdil, Brauer, Bunel, Caen, Charton, Chômienne, Ed. Coignet, Cottancin, Damoizeau, Deustch, Euverte, J. Farcot, P. Farcot, et A. Farcot, Ch. Gibault, Giraud, Gottereau, P.-M. Jullien, Kreutzberger, E. Lebon, L.-G. Le Brun, E. Mayer, Normand, J. Rouvière, Schild-Farcot, Viguerie, Wallerstein et Windsor.

En présence de cette longue liste, je tiens, au nom de la Société, à remercier, en notre nom à tous, ces généreux et nombreux bienfaiteurs qui ont voulu faire mentir le proverbe connu : « Qui paie ses dettes s'enrichit » ; ils ont en effet enrichi la Société, en lui faisant remise de la dette qu'elle avait contractée à leur égard et celle-ci ne peut s'acquitter vis-à-vis d'eux qu'en leur exprimant ici, par ma bouche, toute sa sincère et profonde gratitude.

Aujourd'hui, les bons restant encore à rembourser sur notre emprunt ne sont plus qu'au nombre de 13 seulement et ne représentent actuellement qu'une somme de 650 *f*, ce qui nous permettra, à bref délai, de clore complètement les comptes qui s'y rapportent.

En résumé, Messieurs, la situation financière est très satisfaisante : nous avons accru cette année, dans une mesure importante, le chiffre de notre actif qui augmente de 26 000 *f* environ; notre avoir s'élève, en effet, au 30 novembre à la somme de 481 414,12 *f*; puissions-nous saluer l'année prochaine, à pareille époque, notre premier demi-million, c'est là le vœu que je forme en terminant, non sans remercier ici notre Secrétaire Général, M. de Dax, à l'intelligence, à l'activité et au dévouement duquel sont dus, en très grande partie, les excellents résultats que je viens de vous signaler.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président demande à l'assemblée de voter des remerciements à son Trésorier, M. H. Couriot, pour le soin et le très grand dévouement qu'il apporte à ses fonctions.

Ces remerciements sont votés par *acclamation*.

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

1893

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1892. . . . . Fr.			34 194,89

1° Pour le fonds courant:

Cotisations. . . . . Fr.	71 510 »		
Droits d'admission	3 425 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille . .	6 392,10		
Ventes de bulletins et mémoires; abonnements et annonces	7 008,05		
Location des salles de séances. . . .	7 780 »		
Pour le fonds de secours	6 »		
Recettes diverses	300 »		
		96 421,15	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations . . . . Fr.	6 000 »		
Dons volontaires (MM. Lemaître, Varennes, Robineau et Colladon. . .	1 639 »		
		7 639 »	
			104 060,15
		Fr.	138 255,04

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis. . . . . Fr.	32 699,15
Affranchissements divers	8 897,12
Appointements, travaux supplémentaires, chronique	18 195 »
Frais de bureau, de sténographie et de séances	2 746,40
Prêts et secours	678,45
Prix annuel, Giffard 1890 et 1893 et Couvreux	6 066,35
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, téléphone, etc..	8 472,41
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, etc..	4 405,20
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville	3 000 »
Remboursement de Bons de l'emprunt	12 950 »
Paiement des coupons échus.	810 »
Frais exceptionnels, souscriptions, participation aux Congrès, etc.	2 827,86
Frais de recouvrement des cotisations	1 108,52
Frais divers	300 »
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice.	4 921,20
Exposition de de la Société à Chicago	3 504,35
Legs Fusco.	1 035,60
Legs Meyer	312,75
	112 930,36
Solde en caisse au 30 novembre 1893	25 324,68
Fr.	138 255,04

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1893

ACTIF

Immeuble :		
a. Terrains et frais . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social, 134 obligations du Midi	56 912,72	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Don Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0 . . .	3 730 »	
e. Legs Coignet » »	4 285 »	
f. Legs Couvreux 11 obligations du Midi. . . .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		132 907,52
Fonds courant :		
131 Obligations du Midi.		45 114,54
Caisse :		
Solde disponible		25 324,68
Bibliothèque		
Reliures, corps de Bibliothèque		8 404,65
Divers		
a. Débiteurs divers.	703,40	
b. Cotisations 1892 et années antérieures (après réduction de 50 0/0).	2 448 »	
c. Cotisations 1893 (après réduction d'évaluation de 50 0/0).	5 400 »	
		8 551,40
Fr.		499 904,99

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches et croquis, divers travaux en cours, évalués à . . . . Fr.		6 896,51
Prix divers 1892 et suivants :		
a. Prix annuel	(mémoire)	
b. Prix Nozo	820 »	
c. Prix Giffard 1896.	3 657,60	
d. Prix Michel Alcan.	270 »	
e. Prix Coignet	300 »	
f. Prix Couvreux	158,40	
		5 206 »
Fonds de secours.		221,15
Valeurs à consolider :		
Somme à porter au Fonds inaliénable, après emploi		5 469,21
Emprunt 75 000 — Bons remboursés et amortis . . . *49 800* »		
Id. abandonnés sans affectation . . *13 300* » — Id. abandonnés en vue de la reconstruction de l'Hôtel. *11 250* » }	*24 550* »	
Id. en remboursement. . . . . *650* »		650 »
Coupons restant à payer sur 1890.	19,50	
— — sur 1891.	15 »	
— — sur 1892.	13,50	
		48 »
Profits et Pertes :		
Avoir réel de la Société.		481 414,12
Fr.		499 904,99

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1886 A 1893

INDICATIONS	17 DÉCEMBRE 1886	16 DÉCEMBRE 1887	10 DÉCEMBRE 1888	30 NOVEMBRE 1889	30 NOVEMBRE 1890	30 NOVEMBRE 1891	30 NOVEMBRE 1892	30 NOVEMBRE 1893
Nombre de Membres...	2 119	2 155	2 198	2 274	2 294	2 331	2 408	2 482
Membres admis pendant l'Exercice..........	99	77	114	142	105	142	148	143
Membres par catégories. honoraires......	»	»	15	19	25	23	22	20
sociétaires......	»	»	1 999	2 065	2 081	2 128	2 201	2 269
associés.........	»	»	184	190	188	180	185	193
exemptés.......	12	15	25	21	11	14	19	16
décédés.........	31	27	37	41	38	50	51	46
démissionnaires .	11	14	19	10	27	15	19	16
rayés..........	19	»	29	14	20	40	1	7
exonérés à 600 fr.	11	10	15	7	7	7	9	10
Legs et fondations....	Giffard / Sieber 50 887,50	»	Michel Alcan 3 730 »	Coignet 4 285 »	Couvreux 5 000 » / Anonyme 6 750 »	»	»	Colladon 1 000 »
Dons volontaires	2 200 »	424 »	7 016 »	5 575 »	100 »	500 »	2 160 »	639 »
Entrées de caisse de l'Exercice .	137 669,75	83 050,33	114 168,86	182 235,17	113 163,20	115 940,72	147 497,12	138 255,04
Sorties de caisse, y compris achat d'obligations, de l'Exercice..	104 983,07	83 226,71	118 612,67	166 139,41	117 025,60	99 188,35	113 302,23	112,930 36
Sommes réservées. Prix de la Société.	300 »	300 »	300 »	300 »	424,80	400 »	400 »	400 »
Prix Nozo......	276+138 »	829,32	1 105,76	863,18	829,20	283,30	546,40	820 »
Prix Giffard	2 680 »	4 586 »	2 857,86	3 435,24	5 027,14	6 278,74	1890 3 768,17 / 1893 3 768,17	(1896) 3 657,60
Prix Michel Alcan	»	»	250 »	50 »	192,50	327,50	135 »	270 »
Prix Coignet....	»	»	»	»	262,50	412,50	150 »	300 »
Prix Couvreux..	»	»	»	»	»	149,17	307,57	158,40
Secours (legs Giffard)	»	485 »	1 120 »	522,94	302,47	603,40	264,80	221,15
Achat d'Oblig. du Midi.	50 372,05	9 063,45	17 727,10	9 556,40	8 557,75	5 122,51	»	»
Achat d'un titre de 100 fr rente 3 %.........	»	»	2 775 »	»	»	»	»	»
Sommes restant en caisse	20 001,43	19 835,05	15 391,24	21 930,60	18 068,20	16 752,37	34 194,89	25 324,68
Sommes restant à encaisser....	18 773 »	19 828 »	14 403 »	7 881 »	5 668 »	6 331 »	6 442,40	8 551,40
Emprunt.............	»	»	»	75 000 »	75 000 »	75.000 »	75 000 »	75 000 »
Amort. d'oblig. sociales.	7 000 »	1 000 »	»	500 »	21 150 »	37 700 »	57 400 »	74 350 »
Avoir de la Société....	425 591,42	434 981,49	451 045,78	398 949,01	422 865,80	433 418,75	455 501,82	481 414,12

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1894, conformément à l'article 8 des nouveaux statuts.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. G. du Bousquet.

Vice-Présidents :

MM. Ch. Herscher.
L. Appert.
J. Charton.
E. Lippmann.

Secrétaires :

MM. P. Jannettaz.
E. Bert.
A. Lavezzari.
P. Gassaud.

Trésorier : M. H. Couriot.

COMITÉ

MM. G. Canet.
A. Mallet.
E. Badois.
M. de Nansouty.
J. Fleury.
G. Richard.
E. Bertrand de Fontviolant.
J. Carimantrand.
E. Richemond.
E. Coignet.
J. Morandière.
H. Forest.

MM. A. Lencauchez.
L. Rey.
A. Moreau.
L. Coiseau.
G. Dumont.
J. Pillet.
J. Parent.
J. Boulet.
E. Gruner.
P. Chalon.
A. Pourcel.
H. Remaury.

NOTE

SUR LES

RACCORDEMENTS PARABOLIQUES

APPLIQUÉS AUX VOIES EN EXPLOITATION

PAR

M. LAFUT

CHEF DE SECTION DE LA VOIE A LA COMPAGNIE D'ORLÉANS

L'emploi de raccordements paraboliques, pour ménager la transition entre les lignes droites et les courbes circulaires et répartir les dévers proportionnellement à la courbure, paraît être aujourd'hui généralement admis. Le Congrès international des chemins de fer, tenu à Saint-Pétersbourg en 1892, a adopté des conclusions favorables à cette pratique. Il est probable que, désormais, tous les chemins de fer à construire, ou en construction présentement, bénéficieront des avantages indiscutables qui résultent de ce mode de tracé.

Cependant, pour quelques lignes livrées depuis peu à l'exploitation, cette amélioration a été négligée par les constructeurs, et l'opération, assez facile avant l'exécution de l'infrastructure, se complique beaucoup quand la voie est déjà posée sur une plateforme qui n'a pas été établie dans ce but ; dans beaucoup de cas même, elle est impossible par suite de l'exiguïté de la plateforme.

Cette notice a pour objet la recherche des tracés paraboliques applicables aux voies exploitées, en tenant compte des conditions locales d'établissement. C'est dire que nous ne nous sommes pas arrêté à une seule méthode ni à une seule formule qui se prêteraient mal aux multiples exigences de la pratique.

Les résultats de cette étude ont été appliqués sur la section de Brive à Cahors (partie comprise entre Brive et Dégagnac, sur une longueur de 73 *km*). Les courbes, dans ce parcours, pour la plu-

part de 500 *m* de rayon, représentent la moitié du développement de la ligne ; il n'y en a pas de rayons inférieurs à 500 *m*. Suivant les cas, nous avons employé des tracés paraboliques qui sont, à quelques exceptions et modifications près, des applications distinctes ou combinées des procédés de raccordement donnés par MM. de Nordling et Combier.

Les modifications apportées à ces procédés ont eu pour objet:

1° De donner à la parabole une longueur suffisante pour la répartition du surhaussement du rail entre l'alignement et la courbe;

2° De réduire autant que possible la longueur de voie à remanier et le déplacement de cette voie, tout en évitant de donner au rayon de courbure minimum du raccordement, une valeur sensiblement inférieure à celle du rayon de la courbe à raccorder.

I

On sait que l'interposition d'une parabole du 3e degré entre un alignement et une courbe circulaire conduit à reporter cette courbe, vers son centre, parallèlement à elle-même, d'une quantité

$$d = \frac{p^2}{24R},$$

p étant la longueur de la parabole,

R le rayon de la courbe.

Ainsi, pour une courbe de 500 *m* de rayon et une longueur de 75 *m* de raccordement, par exemple, l'axe des voies doit être déplacé de

$$\frac{75^2}{24 \times 500} = 0{,}469\,m.$$

En même temps, le surhaussement du rail extérieur dans la courbe et par suite de l'arête extérieure du ballast, conduit à élargir la plate-forme vers l'extérieur pour maintenir une largeur uniforme entre le pied du talus du ballast et l'arête de la plate-forme. Dans l'exemple que nous venons de prendre pour un dévers de 0,15 *m*, l'augmentation d'empattement du ballast serait de $0{,}15 \times \frac{3}{2} = 0{,}225\,m$; il faudrait ajouter cette quantité à la largeur de la plate-forme des terrassements ; mais, par suite, l'axe du tracé ne se trouverait déplacé que de $0{,}469 - 0{,}225 = 0{,}244\,m$.

Cette différence reste encore assez importante pour qu'il soit utile d'en tenir compte avant l'exécution des travaux d'infrastructure et dans l'implantation des ouvrages d'art.

L'augmentation de largeur du profil des terrassements dans les courbes est admissible en pratique. Quand elle n'a pas été donnée dès le principe, on l'obtient en cours d'exploitation par des apports de terre sur les remblais faits par les équipes d'entretien dont cette modification facilite le travail. Il serait préférable, au point de vue économique, que l'élargissement fût fait pendant la construction.

Quand le tracé du chemin de fer et sa construction n'ont pas été faits en vue des raccordements et qu'on se trouve en présence d'une voie déjà posée, on ne peut songer à déplacer entièrement toutes les courbes, ce qui, d'ailleurs, serait impossible dans la plupart des cas. Il en est ainsi pour la ligne de Brive à Cahors, dont les tranchées assez nombreuses et généralement profondes sont ouvertes dans un calcaire dur, quoique le plus souvent gélif. Le profil des tranchées est à section réduite avec fossés maçonnés, et les voies y sont encaissées entre deux murettes distantes l'une de l'autre de 7,15 à 7,20 *m*; avec l'entre-voie de 2,10 *m*, il ne reste entre ces murettes et l'extrémité des traverses qu'un jeu de 0,25 à 0,30 *m*, ce qui conduit à limiter entre 0,20 et 0,25 les plus grands déplacements latéraux.

II

Pour éviter le déplacement de la courbe circulaire dans toute son étendue, M. de Nordling fait pivoter autour d'un point fixe l'alignement qui sépare deux courbes de sens contraire, de manière à le rendre tangent à deux courbes concentriques extérieurement aux courbes à raccorder et distantes de ces dernières d'une quantité

$$d = \frac{p^2}{24R}.$$

Le tracé des paraboles de raccordement est ensuite chose facile.

Mais ce procédé n'est avantageusement applicable que lorsque l'alignement est court, c'est-à-dire d'une longueur inférieure à 200 *m*. De plus, bien que le plus grand déplacement de la voie soit très sensiblement inférieur à la valeur de *d*, puisque le raccordement se trouve intercalé entre le tracé primitif et l'aligne-

ment déplacé, pour une courbe de 500 *m* de rayon et avec une parabole du 3e degré de 75 *m* de longueur, ce déplacement serait encore de 0,30 *m* environ. Dans les tranchées à profil réduit, l'application de ce tracé serait difficile et conduirait à couper les traverses voisines de la murette. Il y aurait, d'ailleurs, à adopter un chiffre élevé pour la mesure du déplacement latéral, l'inconvénient de réduire la distance de la voie aux obstacles permanents : parapets de ponts ou de viaducs, mâts de signaux, etc.

Nous avons donc été amené le plus souvent, dans la pratique, à renoncer au tracé d'un raccordement tangentiel extérieur avec courbe du 3e degré et à interposer entre la parabole et la courbe à raccorder, de rayon R, suivant la méthode de M. Combier, un arc de cercle de rayon R′ plus petit que R. Par ce moyen, en faisant tourner l'alignement d'un angle moindre que pour le raccordement extérieur, on obtient un raccordement mixte qui coupe l'arc de cercle et lui devient tangent intérieurement. Le déplacement maximum dans ce cas, pour une courbe de 500 *m*, est d'environ 0,15 *m*.

Si, au lieu d'une parabole du 3e degré, nous employons une courbe du 4e degré, le raccordement tangentiel extérieur devient possible avec un déplacement admissible en pratique. Comme nous le montrerons dans la suite de cette note, la valeur *d*, dans ce cas, est

$$d = \frac{p^2}{36R}$$

Pour $R = 500$ et $p = 75$, $d = 0{,}3125\ m$.

Les deux solutions que nous venons d'indiquer ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients.

La première oblige à réduire sur une partie du tracé le rayon de courbure, quoique dans une très faible proportion; elle fait porter la modification sur une grande longueur.

Dans la deuxième solution, plus facile à appliquer, les rayons de courbure en chaque point ne sont pas absolument inversement proportionnels aux dévers de la voie, si le raccordement du dévers est fait par une pente uniforme dans la longueur de la parabole. En revanche, la pénétration de la parabole dans la courbe n'est plus que le tiers environ du raccordement au lieu d'en être la moitié; il y a, par conséquent, peu à modifier la courbe existante.

Toutefois, on ne peut appliquer cette solution que si la lon-

gueur de l'alignement est au moins égale à $\frac{4}{3}p + 20\ m$, afin qu'il reste une partie droite et sans dévers entre les deux raccordements supposés de même longueur. Pour des raccordements de longueurs différentes p et p', l'alignement doit être égal ou supérieur à $\frac{2}{3}(p + p') + 20\ m$.

III

Lorsque l'alignement qui sépare deux courbes de sens contraire a une longueur de plus de 200 *m*, le déplacement de cet alignement serait une opération trop coûteuse. Nous faisons usage alors du raccordement intérieur d'après la méthode de M. Combier, avec ces différences :

1° Que le rayon de l'arc intermédiaire R est pris arbitrairement sans que son rapport au rayon R de la courbe à raccorder soit une quantité fixe dans tous les cas. En général, nous prenons R′ en chiffres ronds pour faciliter les calculs, et sa valeur diffère peu de 0,96 R.

2° Que la longueur du raccordement, au lieu d'être uniformément de 40 *m*, est prise, pour chaque courbe, de manière à répartir le dévers total à raison d'une inclinaison de 0,002 *m* par mètre.

Sur les lignes où la vitesse des trains atteint 80 *km* à l'heure, le dévers calculé par la formule en usage à la Compagnie d'Orléans:

$$S = \frac{0{,}0118V^2}{R}$$

atteint la valeur de 0,151 *m* pour une courbe de 500 *m* de rayon, et la longueur p de la parabole doit être, au minimum, égale à

$$\frac{0{,}151}{0{,}002} = 75\ m.$$

C'est une longueur presque double de celle prise par M. Combier.

3° Enfin, pour les courbes de 500 *m* de rayon et au-dessous, afin de maintenir dans les limites que nous avons indiquées les déplacements latéraux de la voie et l'étendue des modifications, la parabole du 3e degré est remplacée par une courbe de la forme

$$y = mx^4.$$

Par exception à la règle énoncée ci-dessus pour la détermination de la longueur de p, on est obligé de prendre $p = \frac{S}{0,025}$ et même $p = \frac{S}{0,003}$, quand les rayons des courbes descendent à 300 m et 250 m, et qu'en même temps les alignements sont très courts.

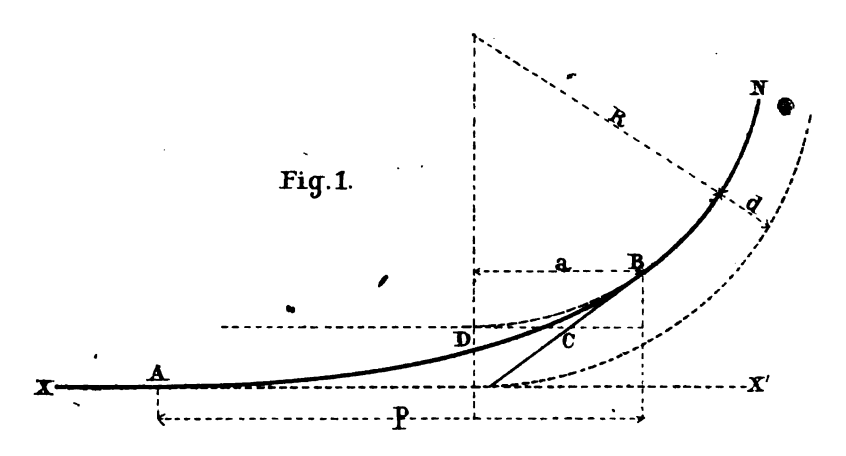
IV

Parabole du 3e degré.

On connaît les propriétés de la courbe du 3e degré raccordée à un arc de cercle de rayon R et définie par l'équation

$$y = mx^3.$$

Nous les rappelons pour mémoire.



Si p est la longueur totale de la parabole *(fig. 1)*,
d le déplacement latéral du cercle,
m le paramètre de la courbe,
ρ le rayon de courbure en un point quelconque variable avec l'abscisse x de ce point,
a la portion de cercle supprimée par le raccordement,
s la sous-tangente rapportée à l'abscisse,

On a :

$$d = \frac{p^2}{24R} \;;\quad m = \frac{1}{6Rp} \;;\quad \rho = \frac{pR}{x} \;;\quad a = \frac{p}{2} \;;\quad s = \frac{x}{3}.$$

V

Parabole du 4e degré.

Supposons un cercle de rayon R, tangent à une parabole définie par la formule

$$y = mx^4.$$

Donnons la même signification qu'au précédent paragraphe aux notations : p, d, m, ρ, a et s, et cherchons, en nous reportant à la figure ci-contre, les rapports de ces diverses quantités entre elles.

Tout d'abord, de la formule

$$y = mx^4$$

nous déduisons directement l'inclinaison de la tangente

$$\frac{dy}{dx} = 4mx^3$$

et la seconde dérivée $$\frac{d^2y}{dx^2} = 12mx^2$$

ou $$\frac{1}{\rho} = 12mx^2.$$

Prenons $x = p$ et par suite $\rho = R$,

la formule devient $$\frac{1}{R} = 12mp^2,$$

d'où la valeur $$m = \frac{1}{12Rp^2}. \qquad (1)$$

De l'égalité $\frac{1}{\rho} = 12mx^2$ nous déduisons, en remplaçant la quantité m par $\frac{1}{12Rp^2}$:

$$\rho = \frac{Rp^2}{x^2}. \qquad (2)$$

Le rapport de la sous-tangente à l'ordonnée de la parabole est égal à l'inclinaison de la tangente ; donc

$$\frac{y}{s} = 4mx^3,$$

en remplaçant y par sa valeur mx^4, nous aurons $s = \frac{mx^4}{4mx^3}$, ou en simplifiant :

$$s = \frac{x}{4}. \qquad (3)$$

La tangente commune à l'arc de cercle et à la parabole au point B, rencontre en C la tangente à l'origine de l'arc DBN, cette droite DC étant parallèle à l'axe des X. — Si y est l'ordonnée de l'arc AB rapporté à DC prolongé, cette ordonnée a pour valeur suffisamment approchée

$$y = \frac{a^2}{2R}.$$

L'inclinaison de la tangente en B sur la ligne d'abscisses étant très faible, on peut admettre que CB est égal à sa projection ; mais DC = CB ; donc on a aussi par approximation :

$$DC = \frac{a}{2}.$$

Prenons maintenant l'inclinaison de la tangente en B dans ses deux relations avec le cercle et la parabole, en nous rappelant que la sous-tangente à cette parabole a pour valeur le quart de l'abscisse, nous aurons :

$$\frac{mp^4}{\frac{p}{4}} = \frac{\frac{a^2}{2R}}{\frac{a}{2}}, \quad \text{ou} \quad 4mp^3 = \frac{a}{R},$$

et en remplaçant m par $\frac{1}{12Rp^2}$:

$$a = \frac{p}{3}. \qquad (4)$$

La différence d entre les ordonnées du cercle et de la parabole en B a pour valeur $mp^4 - \frac{a^2}{2R}$.

En remplaçant m par $\frac{1}{12Rp^2}$ et a par $\frac{p}{3}$ on obtient :

$$d = \frac{p^2}{36R}. \qquad (5)$$

On voit, par la formule (1), $\rho = \frac{Rp^2}{x^2}$, que le rayon de courbure de la parabole est infini pour $x = 0$, et qu'il est égal à R pour $x = p$. Entre ces deux limites, ρ varie dans le rapport inverse du carré de l'abscisse x. Le but des raccordements paraboliques étant d'établir un rapport constant $\frac{C}{\rho}$ entre le surhaussement du rail extérieur et le rayon de courbure, en un point quelconque ce surhaussement devrait être égal à $\frac{Cx^2}{Rp^2}$. Si entre les points extrêmes du raccordement A et B on maintient, suivant l'usage, le rail surhaussé dans un plan, le dévers aura pour valeur $\frac{Cx}{Rp}$, en excès de $\frac{Cx}{Rp} - \frac{Cx^2}{Rp^2}$.

Pour $x = 0$, comme pour x p, cette différence est nulle; son maximum correspond à

$$\frac{C}{Rp} - \frac{Cx}{2Rp^2} = 0.$$

On en déduit successivement:

$$\frac{Cp - 2Cx}{Rp^2} = 0.$$

$$Cp = 2Cx$$

et $$x = \frac{p}{2}$$

C'est donc au milieu du raccordement que l'écart entre le dévers théorique et le dévers raccordé en pente uniforme serait le plus grand. Cet écart aurait pour valeur:

$$\frac{Cp}{2Rp} - \frac{Cp^2}{4Rp^2} = \frac{C}{4R},$$

c'est-à-dire le quart du dévers total.

Il serait facile de faire disparaître cette différence en réglant la pente du rail surhaussé; mais il est plus pratique de n'en rien faire.

En regard du défaut que nous venons de montrer et qui tient à la nature de la courbe, il est important de signaler les avantages que son emploi présente, sur la parabole du 3e degré : la longueur de la courbe à modifier et le déplacement latéral sont beaucoup

moindres et, toutes choses égales d'ailleurs, ces quantités sont réduites dans la proportion de 2:3, comme l'indiquent les formules (4) et (5) comparées à leurs similaires de la courbe du 3e degré.

VI

Raccordement parabolique du 4e degré quand l'alignement ne peut être déplacé.

Dans ce cas, nous interposons un arc de cercle entre la parabole et la courbe existante.

Soit p la longueur de la parabole. Cette longueur est propor-

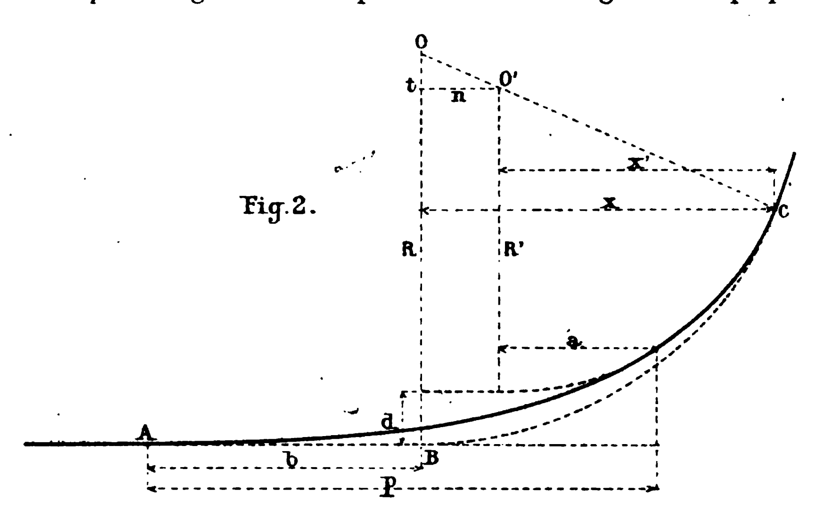


Fig. 2.

tionnelle au dévers de la courbe à raccorder. Si nous désignons par S le dévers, on doit avoir :

$$p \gtrless \frac{S}{0{,}002}.$$

Appelons R le rayon de la courbe donnée.

R′ le rayon de l'arc interposé et en même temps le rayon minimum de courbure de la parabole.

Les ordonnées de cette courbe se calculent par la formule

$$y = mx^4$$

dans laquelle on prend

$$m = \frac{1}{12R'p^2}.$$

Mais il reste à déterminer le point d'origine du raccordement, ou, ce qui conduit au même résultat, la distance *n* (*fig.* 2) comprise entre le rayon R du point de contact et le rayon R′, parallèle à R de l'arc intermédiaire.

On connaît deux des côtés du triangle oto' :

$$oo' = R - R' \qquad \text{et} \qquad ot = R - R' - d;$$

le 3ᵉ côté $o't$ ou n est donc facile à déterminer :

$$n = \sqrt{(R - R')^2 - (R - R' - d)^2}.$$

La formule (5) donne $a = \frac{p}{3}$.

Le point A, origine de la parabole, est à une distance $AB = b$ qui est donnée par l'équation :

$$b = p - a - n.$$

L'abscisse X du point C, point de raccordement de l'arc intermédiaire et de l'arc primitif, s'obtient par la formule :

$$X = \frac{n \times R}{R - R'}.$$

Il est à remarquer que les grandeurs n, b et X peuvent être trouvées par les mêmes formules, quel que soit le degré de la parabole ; mais les quantités a et d qui entrent dans ces calculs varient suivant la nature de la courbe.

VII

Raccordement avec déplacement de l'alignement.

Quand, en raison de sa faible longueur, il y a avantage à déplacer un alignement séparant deux courbes de sens contraire et qu'aucun obstacle ne s'y oppose, on le fait tourner autour d'un point fixe qui en est généralement le milieu si les deux courbes à raccorder sont de même rayon, mais qui peut être pris arbitrairement suivant les circonstances.

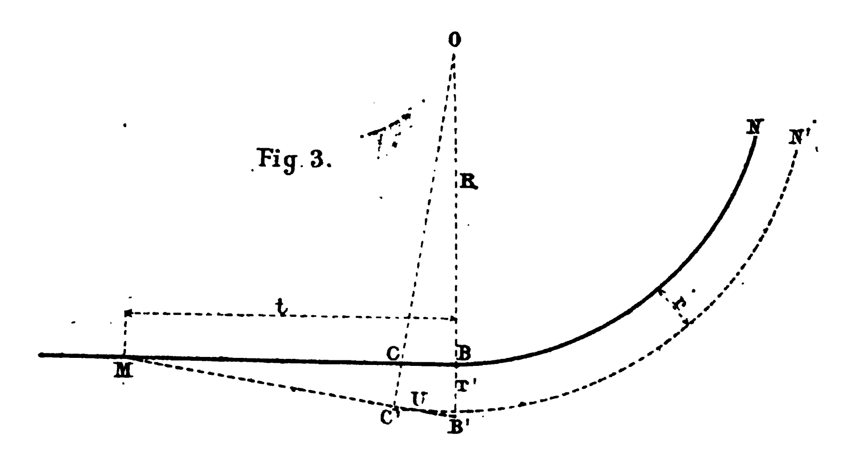
Désignons par t (*fig.* 3) la distance MB comprise entre le point fixe M de l'alignement et le point de tangence de la courbe de rayon R.

Soit $R + r$ le rayon de la courbe concentrique à laquelle l'alignement déplacé devient tangent.

Si nous avons pris $r = d = \frac{p^2}{24R}$, nous pourrons construire entre l'alignement MB′ et la courbe BN une parabole du 3e degré qui aura son origine sur MC′ à une distance $\frac{p}{2}$ du point C′ et sera tangente à la courbe BN. La ligne oC′ étant perpendiculaire à MB′, le point C′ est le point de contact de l'arc de rayon $R + r$.

En donnant à r la valeur $d = \frac{p^2}{36R}$, la parabole de raccordement devra être du 4e degré.

Enfin, si nous prenons r arbitrairement, mais plus petit que d, le raccordement ne sera possible qu'en interposant entre la parabole et la courbe existante de rayon R, un arc de cercle de rayon



$R' < R$. Nous retombons alors dans le cas étudié au § VI, avec cette différence que, dans le calcul de la valeur de n, il faut prendre ot (*fig.* 2), égal à $R - R' - (d - r)$.

Parmi les trois modes de raccordement que nous venons d'indiquer, quel que soit le mode adopté, il y a lieu de déterminer la position du point C′, point de contact, sur l'alignement déplacé, de l'arc de rayon $R + r$.

Appelons u la longueur BC de l'alignement MB interceptée par les rayons oB et oC′, et désignons par r' la portion du rayon oB comprise entre les deux alignements MB et MB′.

$$r' = r + \frac{u^2}{2R}.$$

Nous admettrons que $CB = C'B' = u$.

Des deux triangles semblables oBC et MBB' nous tirons :

$$\frac{u}{R} = \frac{r'}{t} \quad \text{ou} \quad \frac{u}{R} = \frac{r + \frac{u^2}{2R}}{t},$$

d'où :

$$u = t - \sqrt{t^2 - 2Rr.}$$

Les deux valeurs u et r' étant trouvées, il est facile de déterminer, dans tous les cas, le point C' à partir duquel doit être prise la longueur $(p - a - n)$ qui fixe l'origine de la parabole.

Remarquons que si r est pris égal à $\frac{p^2}{24R'}$ avec une courbe du 3e degré, ou à $\frac{p^2}{36R'}$ avec une courbe du 4e degré, la quantité n est nulle et la courbe intermédiaire du rayon R' se réduit à un point.

Lorsque les deux courbes séparées par un alignement court, de longueur représentée par T, ont des rayons différents, R_0 et R_1, les quantités u_0 et u_1, dont les points de contact sont déplacés pour des déplacements latéraux donnés r_0 et r_1, ne sont pas égales.

La formule de M. de Nordling nous donne alors :

$$u_0 + u_1 = T - \sqrt{T^2 - 2(R_0 + R_1)(r_0 + r_1).}$$

La somme $(u_0 + u_1)$ étant trouvée, il ne reste plus qu'à la partager proportionnellement aux rayons R_0 et R_1 pour avoir séparément u_0 et u_1.

VIII

Les formules que nous avons rappelées et celles que nous avons établies ci-dessus répondent à la généralité des cas qui peuvent se présenter. Il faut en excepter le cas où les alignements tangents à une courbe ne pouvant être déplacés, le développement de cette courbe est inférieur à deux fois la longueur X *(fig. 2)*, sur laquelle doit porter la modification.

Pour montrer de quelle façon on peut procéder, prenons, parmi les solutions que nous avons eu à rechercher, deux exemples de courbes ayant un développement inférieur à deux fois la pénétration du raccordement.

1° La courbe de 500 *m* de rayon (K. 528 + 300, ligne de Brive à Cahors) est précédée du côté de Brive, par une courbe de 500 *m* de rayon, centre à gauche, et un alignement de 132,78 *m* ; elle a

son centre à droite et une longueur de 75,63 *m*; l'alignement qui lui fait suite a une longueur de 583,02.

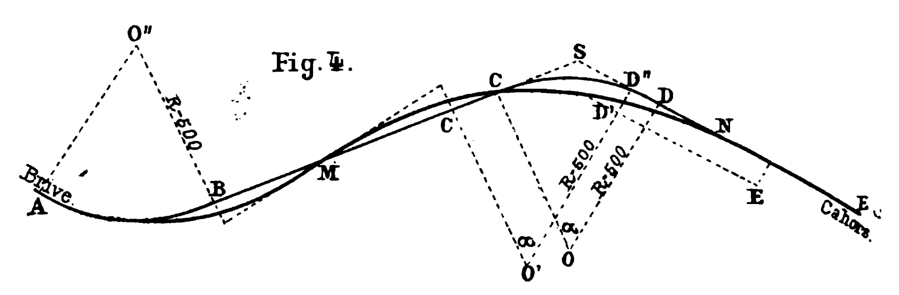
Il est tout indiqué de déplacer l'alignement de 132,78 *m* qui sépare deux courbes de sens contraire et de le raccorder à ces courbes au moyen de paraboles du 4e degré tangentes extérieurement et qui ne modifieront la courbe circulaire que sur une longueur inférieure à la valeur de

$$a = \frac{p}{3} = \frac{75}{3} = 25\ m.$$

Mais si nous procédions ainsi sans autre modification, il ne nous resterait de la courbe de 75,63 *m* qu'une longueur d'environ 50 *m* pour établir le raccordement représenté sur la figure 2, lequel nécessite une longueur X de développement, que les calculs donnent égale à 80,96 *m* pour un rayon minimum R′ de 475 *m*.

L'opération ainsi était donc impossible.

Nous avons représenté sur la figure 4 le tracé ABCDE, comprenant les deux courbes de 500 *m* de rayon AB et CD, la dernière ayant son centre en *o* et un développement de 75,63 *m*.



Supposons que la courbe CD ait son point de contact C sur l'alignement BS, transporté en C′, et que le développement de cette courbe n'ayant pas changé, le point D soit venu en D′ sur D′E′ parallèle à DE, de telle sorte que la distance D′D″ de ces deux parallèles soit rendue égale à la quantité :

$$d = \frac{p^2}{36R} = 0{,}3125.$$

Nous pourrons intercaler entre la nouvelle courbe C′D′ et l'alignement SE une parabole du 4e degre ; il suffira, pour cela, de déterminer le point D″ à partir duquel doit être prise la longueur $D''N = \frac{2p}{3}$ qui donne en N l'origine de la parabole.

Soit α l'angle au centre de la courbe CD.

Il est facile de voir que :

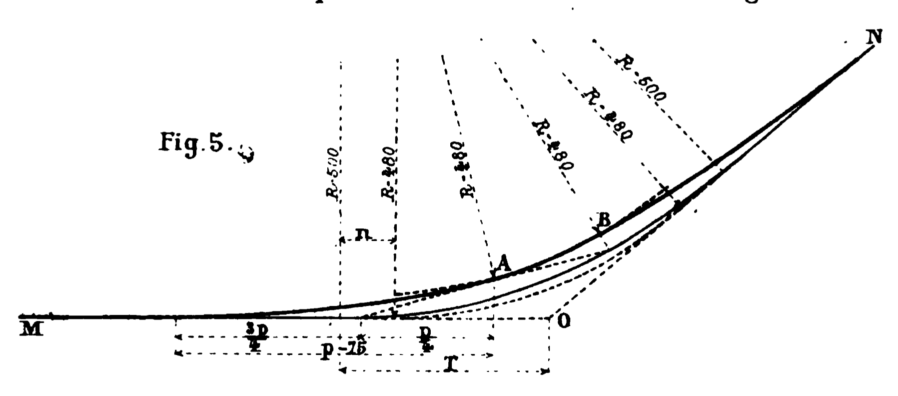
$$DD'' = D'D'' \text{ tang } \alpha$$

ou $$DD'' = d \text{ tang } \alpha;$$

de même, $$CC' = d \text{ séc } \alpha.$$

L'alignement BC se trouve réduit à la longueur BC'. Les raccordements entre cet alignement et les deux courbes de centres o'' et o' s'opèrent par le procédé indiqué au § VII.

Toutefois, il faut tracer aussi la portion de courbe de rayon R ayant son centre en o' et qui doit exister entre les deux paraboles. Dans le cas que nous avons examiné, il reste $75{,}63 - 2 \times 25 = 25{,}63$ *m* de partie circulaire entre les deux raccordements. Une seule ordonnée prise sur l'un ou l'autre des alignements



suffit, avec les points extrêmes, pour déterminer suffisamment cet arc de cercle.

Dans l'application que nous avons faite de cette méthode, le plus grand déplacement de la voie a été de 0,24 *m*, ce qui est admissible, mais ne pouvait guère être dépassé.

2° Parmi les courbes de 500 *m* de rayon que nous avons eu à raccorder et qui ont un développement de moins de (80,96*m* × 2), prenons la courbe au K 552 + 300. Elle est tangente à deux alignements qui ont, l'un 713,70 *m*, l'autre 365,68 *m* de longueur ; elle n'a que 116,73 *m* de développement, et il ne serait pas pratique de déplacer les alignements.

Voici comment nous avons opéré :

Nous avons supposé que, l'angle des tangentes n'ayant changé, le rayon de la courbe se trouvait réduit à 480 *m*, ce qui nous a donné un arc tangent aux mêmes droites plus rapproché du sommet que l'arc primitif *(fig. 5)* ; puis nous avons effectué les rac-

cordements par rapport à ce nouvel arc, avec deux paraboles du 4e degré, en le déplaçant, parallèlement à lui-même, vers le centre de la quantité

$$d = \frac{p^2}{36R}.$$

La distance n comprise entre l'origine de la courbe de 500 m de rayon et celle de la courbe de 480 m, a pour valeur, en désignant par T la longueur de la tangente primitive :

$$n = T - \frac{T \times 480}{500}.$$

On conçoit que, par cette méthode, le plus grand déplacement de la voie reste toujours sensiblement inférieur à d ou 0,3125 m pour $R = 500$. Dans l'exemple que nous avons pris, le plus grand déplacement latéral a été de 0,22 m.

Il est utile d'indiquer comment peut être tracé l'arc de cercle de 480 m de rayon qui sépare les deux paraboles, soit de A à B.

Rappelons à cet effet que la sous-tangente à la parabole du 4e degré est $s = \frac{x}{4}$. Donc, en joignant le dernier point de la parabole, le point A sur la figure, à un point situé sur l'alignement MO à une distance $\frac{3p}{4}$ de l'origine de la parabole, nous obtiendrons la tangente commune aux deux courbes raccordées en A. Cette ligne pourra servir de base pour le tracé par points de l'arc AB.

IX

Les formules et les exemples ci-dessus permettent de résoudre presque tous les cas qui peuvent se présenter.

On ne manquera pas de reprocher à notre méthode d'être quelque peu compliquée et de ne pas procéder d'une formule unique.

Nous ne pouvons que répondre que notre but a été d'obtenir pour chaque courbe la solution la meilleure, ce qui ne pouvait être réalisé par un seul procédé, les difficultés à vaincre n'étant pas toujours les mêmes.

Où les solutions purement théoriques sont inapplicables, il est heureux que l'on puisse, par un certain nombre d'artifices comme réduction du rayon de courbure, déplacement de l'axe, etc.,

rendus aussi inappréciables que possible, se rapprocher de ces solutions. C'est le résultat que nous avons obtenu.

D'ailleurs, les calculs pour préparer les divers tracés se font au bureau ; le temps qu'on y consacre n'est pas hors de proportion avec l'importance de l'amélioration en vue.

Une fois faits, les tracés doivent être repérés par des piquets scellés chacun dans un petit massif de maçonnerie : une pointe placée sur chaque piquet à une distance du rail, toujours la même, permet aux ouvriers de la voie de faire, par la suite, les vérifications nécessaires et de rectifier les déformations s'il s'en produit. En double voie, les piquets sont évidemment placés dans l'axe de l'entre-voie.

Il est important, avant d'appliquer sur le terrain les tracés adoptés, de s'assurer que les courbes primitives et le point de contact, qui sert de point de départ pour la détermination de l'origine, sont bien à leur place. S'il n'en était pas ainsi, il faudrait, avant tout, rectifier la courbe autant que possible, ou, à défaut de possibilité, déterminer par un lever préalable le rayon de la courbe existante. On ne peut pas toujours s'en fier à cet égard aux indications du profil en long, et il arrive quelquefois que, par suite d'erreur ou de modifications, les courbes n'ont pas en totalité, ou sur une partie de leur développement, le rayon pour lequel elles sont inscrites. C'est de quoi on s'aperçoit dans les vérifications par la mesure des flèches communément en usage.

NOTE

SUR

LA RAIDEUR DES CABLES EN CHANVRE

DES COURROIES EN CUIR

ET SUR

LE RENDEMENT COMPARATIF

DES TRANSMISSIONS PAR CABLES EN CHANVRE

ET PAR COURROIES EN CUIR

PAR

M. FAUQUIER

INTRODUCTION

La question des transmissions a été tellement étudiée que nous ne nous permettrions pas d'en parler à nouveau, si nous ne croyions utile de faire connaître les résultats de nos recherches, qui nous ont permis de comparer le rendement des transmissions par câble en chanvre et par courroies en cuir.

Jusqu'alors le rendement a toujours été presque négligé ou calculé sur des bases qui n'offraient pas suffisamment de garanties. Il n'y avait, en effet, que de vagues données sur la raideur des courroies et les expériences qui furent faites pour déterminer celle des câbles remontent à une date assez reculée ; il paraissait vraisemblable que, depuis, les progrès de l'industrie avaient permis de réduire dans une notable mesure les valeurs sur lesquelles on comptait ; cette présomption a été justement vérifiée par nos essais.

Avant d'exposer nos recherches, nous croyons bon d'annoncer que les câbles en chanvre de manille expérimentés étaient très souples et nous ont été fournis par la meilleure maison de construction, qui a soigné tout spécialement leur exécution, de sorte que les résultats que nous obtenons peuvent être considérés comme des minima de raideur.

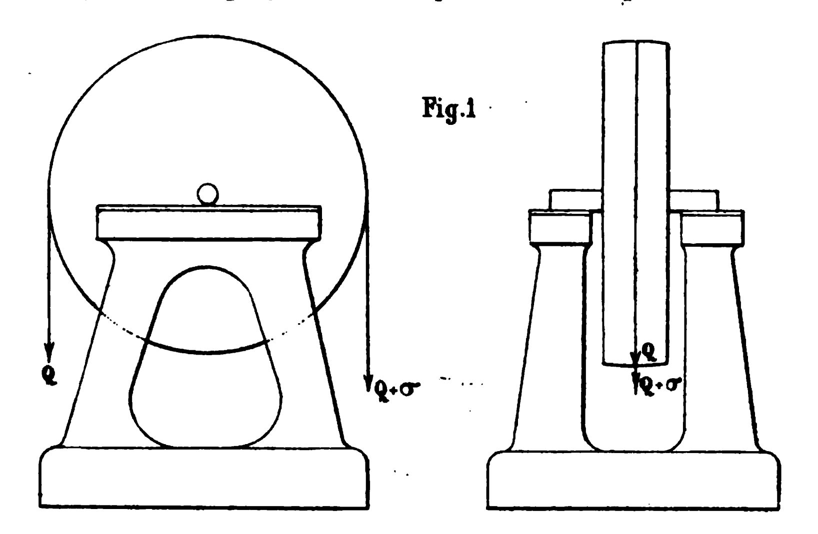
PREMIÈRE PARTIE

De la raideur des câbles en chanvre et des courroies.

1° RAIDEUR DES CABLES SUR POULIES LISSES

Pour évaluer la raideur, nous avons monté le câble à expérimenter sur une poulie dont l'axe pouvait rouler librement dans un plan horizontal. A chacun des brins du câble nous avons suspendu un poids Q et nous avons déterminé, par une série de tâtonnements, le poids additionnel σ nécessaire pour qu'après avoir donné un mouvement lent au système, il pût se continuer sans accélération ni ralentissement ; σ était la valeur exacte de la raideur.

Les poulies employées ont été parfaitement équilibrées. Leur



axe, en acier coulé, roulait sur deux chemins de même nature montés sur un bâti en fonte *(fig. 1)*. Le frottement de roulement était ainsi très atténué. Nous avons cependant déterminé expérimentalement sa valeur pour la retrancher des raideurs trouvées.

Pour éviter les erreurs provenant du défaut d'égalité absolue des poids Q et d'une différence de poids provenant des longueurs des brins, l'effort de raideur a été mesuré successivement des deux côtés et c'est la moyenne de ces deux résultats que nous avons adoptée pour la valeur de σ.

Pour poser le plus grand nombre possible d'équations de con-

ditions, nous avons opéré sur trois poulies lisses de diamètres respectifs de 2 *m*, 1 *m* et 0,500 *m* et sur chacune d'elles nous avons déterminé la raideur pour les cinq câbles neufs de 54,5 *mm*,

POULIE LISSE DE 0,500 *m* DE DIAMÈTRE

Raideur des câbles en fonction de la charge.

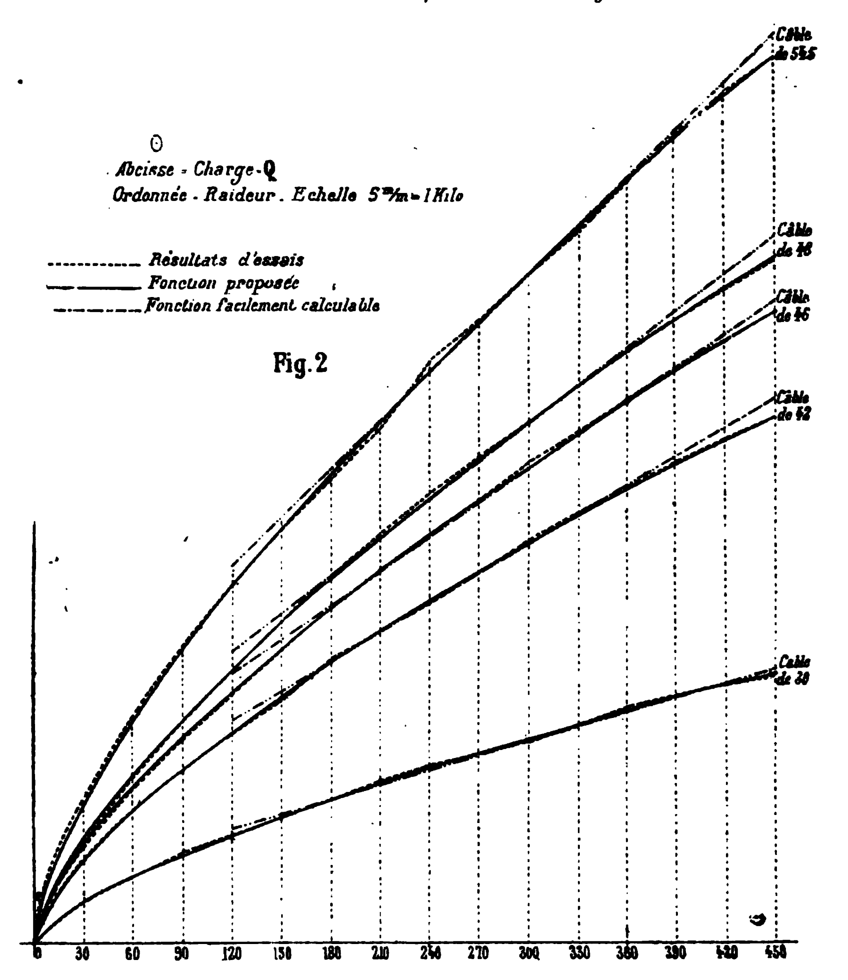


Fig. 2

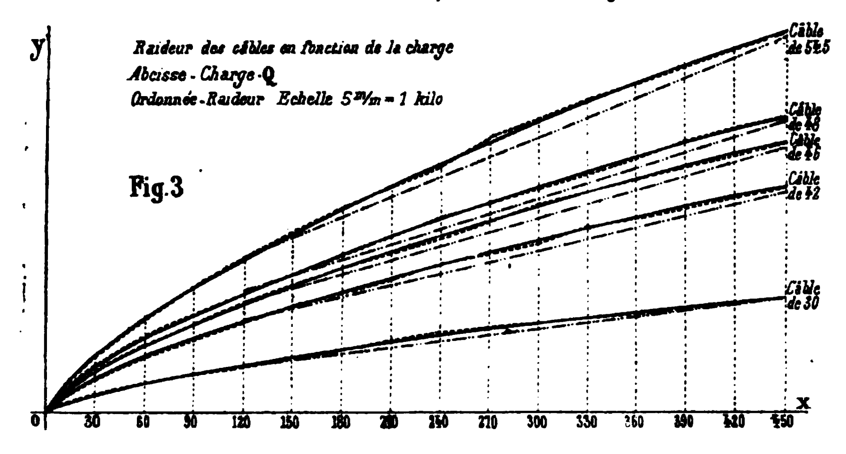
48 *mm*, 46 *mm*, 42 *mm*, 30 *mm* de diamètre et pour des charges variables de 30 à 450 *kg*.

Les figures 2, 3, 4 donnent, en traits pointillés, les valeurs expérimentales de la raideur en fonction de la charge Q. Toutes ces courbes passent par le sommet des axes, car pour la réalisation d'une charge nulle, les brins du câble ne devraient avoir aucun poids et par conséquent leur raideur serait nulle.

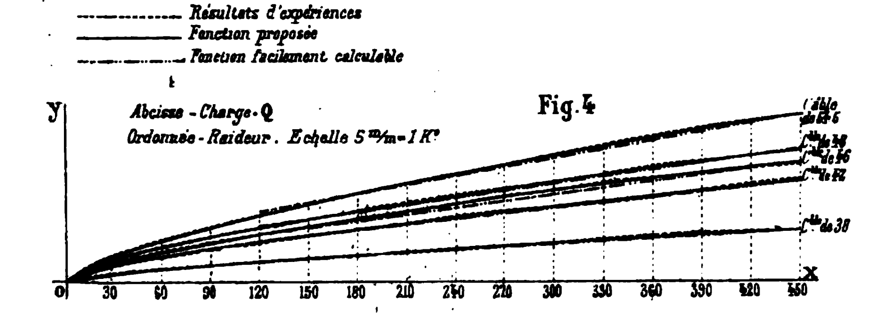
Si nous désignons par :
σ la raideur en kilogrammes ;
R le rayon de la poulie en millimètres ;
δ le diamètre du câble en millimètres,
Q la charge en kilogrammes ;

POULIE LISSE DE 1,000 *m* DE DIAMÈTRE

Raideur des câbles en fonction de la charge.



POULIE LISSE DE 2,000 *m* DE DIAMÈTRE



nous trouvons que la loi qui oscule le mieux ces divers résultats est :

$$\sigma = 0,083 \frac{\delta^2}{R^{1,2}} Q^{0,7}. \qquad [1]$$

Nous avons figuré en traits pleins les valeurs de σ calculées à l'aide de cette formule.

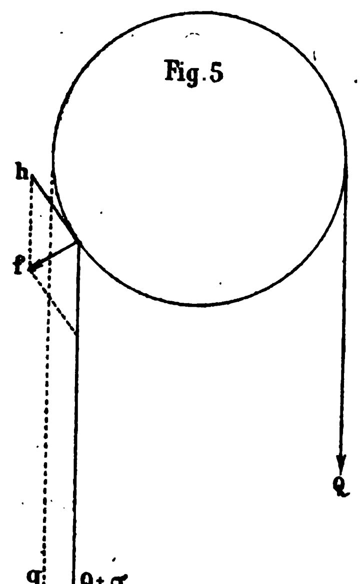
Cette formule est peu commode dans les applications. Dans les

limites de nos essais, c'est-à-dire pour des poulies de 0,50 *m* à 2 *m* de diamètre et des charges de 120 à 450 *kg*, on peut adopter, pour la facilité du calcul, l'expresssion moins exacte :

$$\sigma = \frac{\delta^2}{R - 6{,}4\sqrt{R}}(0{,}245 + 0{,}00214Q). \qquad (2)$$

Pour les extrapolations, cette formule conduirait à des résultats qui pourraient s'éloigner beaucoup de la vérité et il sera bon, dans ce cas, de recourir à la formule (1).

2° Raideur des cables sur poulies a gorges



Sous l'action de la charge, le câble, en entrant dans la gorge de la poulie, s'y enfonce et y adhère.

A sa sortie, cette adhérence ne pourra être vaincue que sous l'action de la force *f* résultant de la charge Q + σ. Or, cette force ne peut prendre naissance que si Q + σ s'éloigne de la tangente *gh* pour se rapprocher du centre de la poulie (*fig. 5*). La diminution du bras de levier de Q + σ se traduit par une augmentation de raideur.

Nous n'avons déterminé cette raideur que pour une seule poulie avec gorge à 45°, employée le plus fréquemment. Nous n'avons aucune donnée expérimentale sur l'influence de l'angle de la gorge. D'ailleurs, en pratique, on s'éloigne peu de la gorge à 45°, et les petits écarts d'angle ne nous ont pas paru apporter des variations de raideur suffisantes pour nécessiter des recherches approfondies sur leur influence. De plus, nous avons eu beaucoup de difficultés pour nous défaire des petites erreurs d'opération. Nous avons dû recommencer plusieurs fois nos essais et prendre la moyenne de tous leurs résultats pour la valeur définitive de la raideur. On comprendra qu'il nous aurait été difficile d'apprécier une petite variation dans la raideur et que nous ayons été retenus dans l'extension de nos essais sur les angles variés des gorges.

La figure 6 est un graphique donnant en traits pointillés les résultats que nous avons obtenus. La charge Q est prise en abscisses et la raideur σ en ordonnées.

L'expression de cette nouvelle loi est :

$$\sigma' = 0{,}088 \frac{\delta^2}{R^{1,2}} Q^{0,7}. \qquad (3)$$

Nous avons représenté en traits pleins sur la figure 6 les valeurs calculées à l'aide de cette expression.

En divisant membre à membre les expressions (1) et (3), on obtient :

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{0{,}088}{0{,}083} = 1{,}06.$$

La gorge à 45° a donc pour effet d'augmenter de 6 0/0 la raideur des câbles sur poulie lisse.

Pour faciliter les calculs, nous pourrons, comme dans le cas précédent, adopter, dans les limites de charge de 120 à 450 *kg*, et pour des poulies de 0,5 *m* à 2 *m* de diamètre, l'expression moins exacte :

$$\sigma' = \frac{\delta^2}{R - 6{,}4\sqrt{R}} (0{,}260 + 0{,}00228\, Q). \qquad (4)$$

L'expression de la raideur sur poulie lisse à laquelle nous avions été conduits, donne des résultats plus faibles que ceux obtenus à l'aide des formules de Coulomb et d'Etelwein.

Supposons un câble de 50 *mm* de diamètre, une poulie lisse de 400 *mm* de rayon et une charge de 400 *kg*. D'après Coulomb, nous aurions :

$$\sigma = \frac{500^{1,7} \times 2{,}45}{400} + 0{,}053 \times 400 = 23{,}85 \ kg.$$

D'après Etelwein :

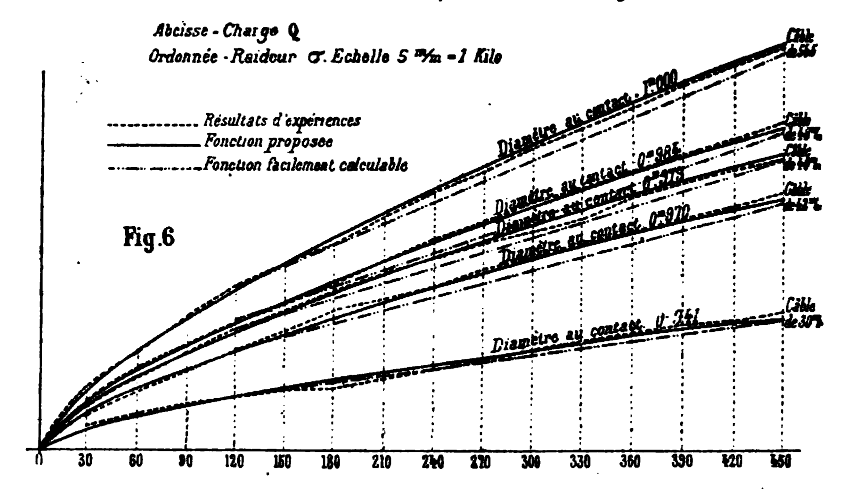
$$\sigma = 0{,}0186 . \frac{2\,500}{400} . 400 = 46{,}5 \ kg.$$

Tandis que nous obtenons :

$$\sigma = 0{,}083 \frac{2\,500}{1\,318} . 66 = 10{,}25 \ kg.$$

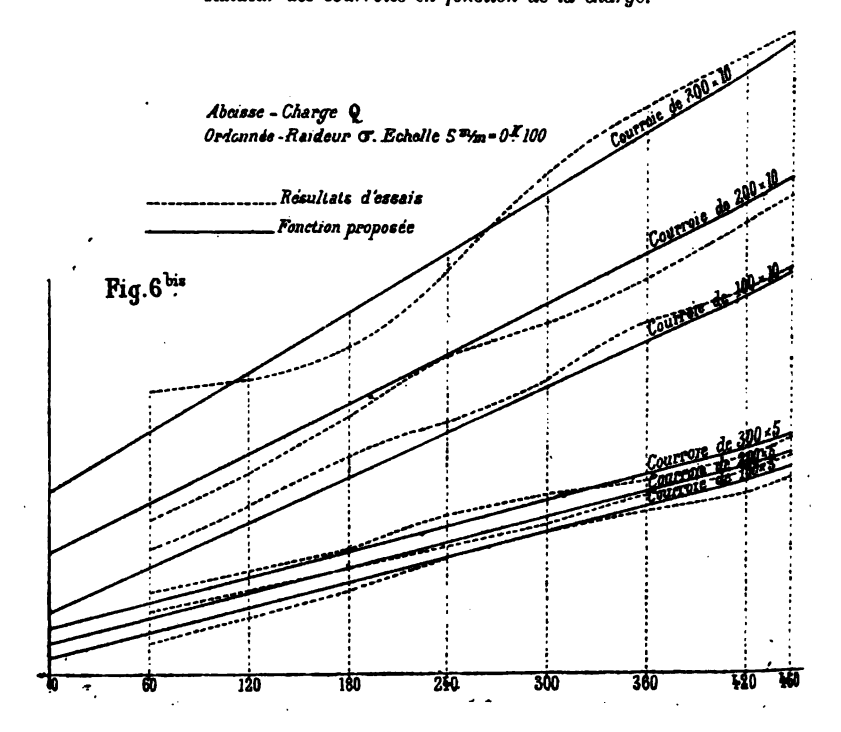
POULIE A GORGE

Raideur des câbles en fonction de la charge.



POULIE LISSE DE 0,500 *m* DE DIAMÈTRE

Raideur des courroies en fonction de la charge.

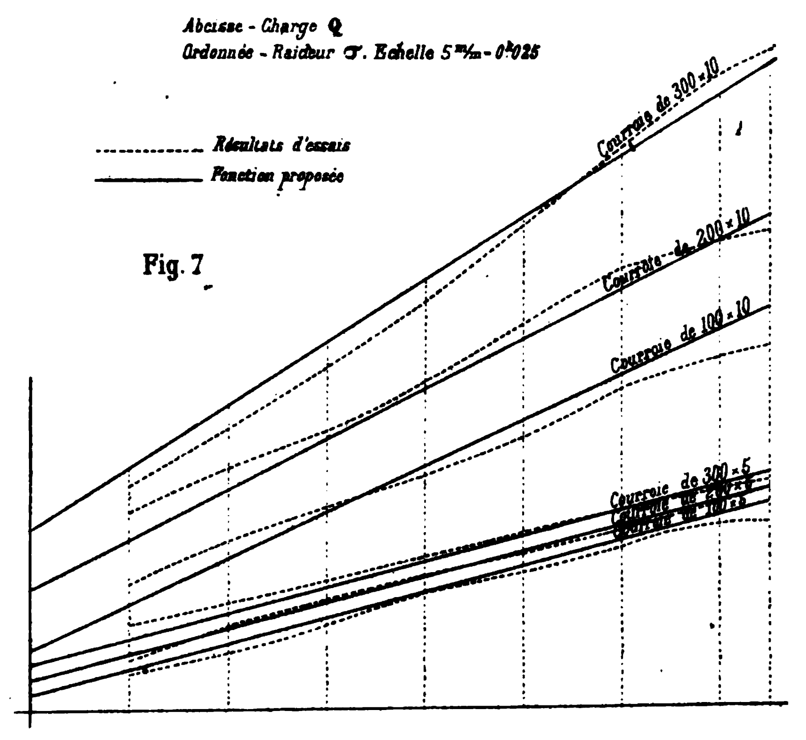


Raideur des courroies.

Nous avons fait une série d'essais, en employant l'appareil décrit précédemment. Sur les mêmes poulies de 0,500 *m*, 1 *m* et 2 *m* de diamètre, nous avons expérimenté des courroies collées, simples et doubles, de 300, 200 et 100 *mm* de largeur. Les raideurs trouvées sont excessivement faibles et, par ce fait, ont été appré-

POULIE LISSE DE 1,000 *m* DE DIAMÈTRE

Raideur des courroies en fonction de la charge.



ciées avec beaucoup de difficultés. Nous avons tenu à opérer sur des courroies de même largeur avec épaisseur variable pour vérifier l'exposant de e, et, pour le même motif, nous avons fait varier R.

La formule à laquelle nous avons été conduit est :

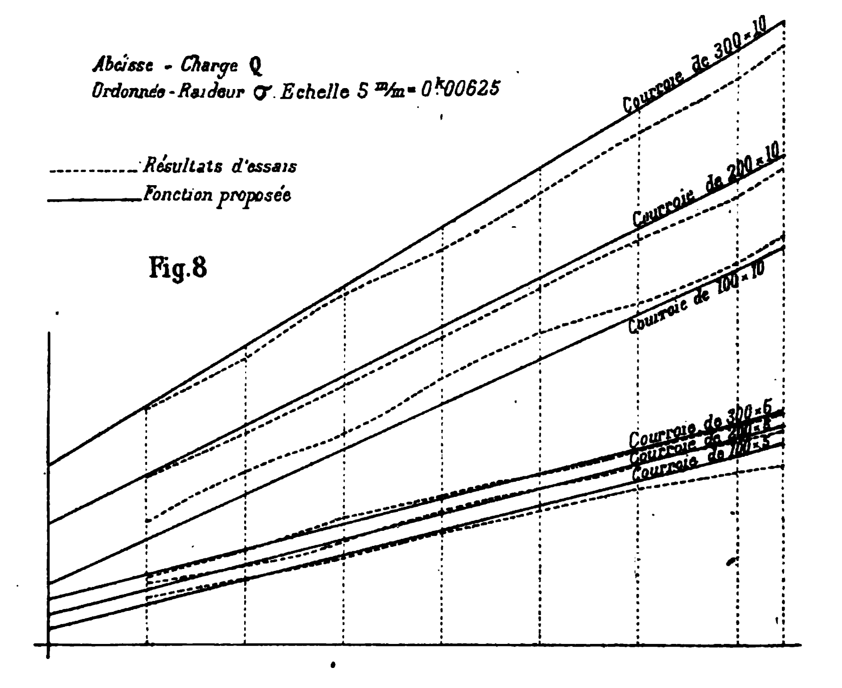
$$\sigma = \frac{le^2}{R^2}\left(1 + \frac{14Q}{le}\right). \qquad (5)$$

dans laquelle l représente la largeur de la courroie en millimètres; e en millimètres l'épaisseur de la courroie ; R en millimètres le rayon de la poulie et Q la charge en kilos.

Nous donnons en traits pointillés, sur les figures 6 *bis*, 7 et 8, les résultats trouvés aux essais, et en traits pleins ceux calculés à l'aide de l'expression (5).

POULIE LISSE DE 2,000 *m* DE DIAMÈTRE

Raideur des courroies en fonction de la charge



Prenons un exemple qui nous permettra d'apprécier la faible raideur des courroies.

Soit une courroie de 200 *mm* de largeur, 10 *mm* d'épaisseur, s'enroulant sur une poulie de 400 *mm* de rayon, la charge étant de 400 *kg*, nous aurons :

$$\sigma = \frac{200 \times 100}{160\,000}\left(1 + 14\frac{400}{2\,000}\right) = 0{,}475\ kg.$$

DEUXIÈME PARTIE

Du rendement comparatif d'une transmission par câbles en chanvre et par courroies en cuir.

Pour pouvoir établir une juste comparaison entre les deux modes de transmission, par câbles en chanvre et par courroies en cuir, nous allons déterminer le rendement dans les deux cas envisagés, pour transmettre une même puissance.

Nous prendrons comme exemple les conditions d'une transmission par câbles que nous avons eu l'occasion de voir fonctionner et qui nous a permis de nous faire une opinion sur sa valeur.

Grand diamètre virtuel commandant.	5,500 *m*
Petit diamètre virtuel commandé	0,870
Nombre de tours du volant commandant	96
Puissance à transmettre prise sur grande poulie. .	216 *chx*
Nombre de câbles.	6

Nous citons ce cas parce qu'il se présente fréquemment dans la commande des dynamos.

1° Commande par cables en chanvre de manille

Désignons par :

T la tension du brin conducteur ;

t la tension du brin conduit ;

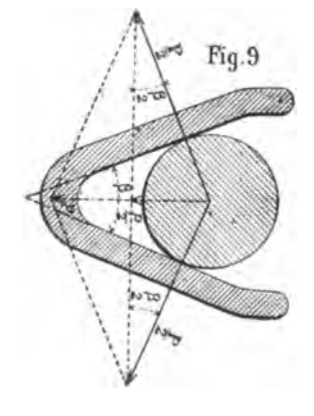
Q l'effort tangentiel ;

a la longueur du plus petit des arcs embrassés des deux poulies ;

R le rayon de la poulie ;

f le coefficient de frottement ;

m la masse du câble par mètre courant.



Nous allons déterminer la tension à donner aux câbles pour empêcher exactement le glissement, c'est-à-dire pour que $T - t = Q$.

Considérons un petit élément de câble enroulé suivant la section droite d'un cylindre circulaire. Soit V la vitesse linéaire uniforme de ce câble.

Si le frottement est juste suffisant pour produire l'entraînement

du cylindre, il y a équilibre entre les tensions t et $t + dt$, la réaction p du cylindre, le frottement et les forces d'inertie *(fig. 10)*.

Pour évaluer le frottement, examinons ce qui se passe lorsqu'un câble s'engage dans la gorge d'une poulie *(fig. 9)*.

L'effort normal p, exercé sur lui, fait naître sur chacune des faces de la gorge une pression normale qui a pour valeur :

$$\frac{P}{2} = \frac{p}{2 \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{p}{2} \operatorname{cosec} \frac{\beta}{2}.$$

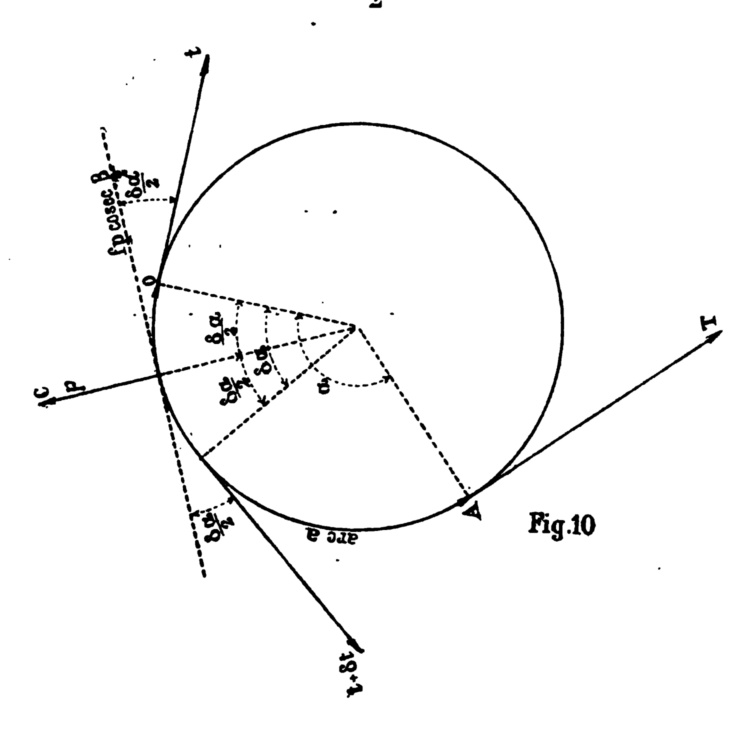


Fig.10

La somme des pressions normales sur les deux faces de la gorge sera :

$$P = p \operatorname{cosec} \frac{\beta}{2}.$$

et, si f désigne le coefficient de frottement du câble sur la fonte, le frottement sera :

$$F = fp \operatorname{cosec} \frac{\beta}{2}.$$

Les orces d'inertie se réduisent dans notre cas à la force cen-

trifuge, qui, pour l'élément de câble considéré, donne une résultante C (*fig. 10*) normale au cylindre et égale à :

$$\frac{mV^2}{R}a = \frac{mV^2}{R}R\alpha$$

pour l'arc total a embrassé et

$$\frac{mV^2}{R}Rd\alpha = mV^2 d\alpha$$

pour l'élément $d\alpha$.

Projetons toutes les forces sur p et sur fp cosée $\frac{\beta}{2}$; nous devons avoir :

1° Pour la projection sur p :

$$p + C - t \sin\frac{\delta\alpha}{2} - (t + dt)\sin\frac{\delta\alpha}{2} = 0.$$

Or, $\delta\alpha$ étant infiniment petit :

$$\sin\frac{\delta\alpha}{2} = \frac{\delta\alpha}{2}.$$

De plus, $\delta t \sin\frac{\delta\alpha}{2}$ étant un infiniment petit du second ordre, peut être négligé, et l'on a :

$$p = t\delta\alpha - C = (t - mV^2)\delta\alpha.$$

2° La projection sur fp cosée $\frac{\beta}{2}$ nous donne :

$$(t + \delta t)\cos\frac{\delta\alpha}{2} - t\cos\frac{\delta\alpha}{2} - fp \text{ coséc} \frac{\beta}{2} = 0.$$

Or, $\frac{\delta\alpha}{2}$ étant infiniment petit, $\cos\frac{\delta\alpha}{2} = 1$,

et : $$\delta t = fp \text{ coséc}\frac{\beta}{2}.$$

D'où l'on tire :

$$p = \frac{\delta t}{f \text{ coséc}\frac{\beta}{2}}.$$

En substituant dans l'équation précédente, il vient :

$$\frac{\delta t}{t - mV^2} = f \text{ coséc}\frac{\beta}{2}\delta\alpha,$$

Intégrons de 0 à A, nous aurons :

$$\int_0^A f \operatorname{cos\acute{e}c} \frac{\beta}{2} \delta\alpha = \int_t^T \frac{\delta t}{t - mV^2},$$

$$f \operatorname{cosec} \frac{\beta}{2} \alpha = L(T - mV^2) - L(t - mV^2).$$

D'où :

$$\frac{T - mV^2}{t - mV^2} = e^{f \operatorname{cos\acute{e}c} \frac{\beta}{2} \alpha}.$$

Or :

$$\alpha = \frac{a}{R}.$$

Et si l'on pose :

$$f \operatorname{cos\acute{e}c} \frac{\beta}{2} \frac{a}{R} = k,$$

l'expression devient :

$$\frac{T - mV^2}{t - mV^2} = e^k.$$

La différence des tensions T et t est égale à l'effort tangentiel Q

$$Q = T - t;$$

mais :

$$T = (t - mV^2)e^k + mV^2.$$

En substituant, il vient :

$$Q = (t - mV^2)e^k - t + mV^2,$$

$$Q = t(e^k - 1) - mV^2(e^k - 1).$$

D'où :

$$t = \frac{Q + mV^2(e^k - 1)}{e^k - 1} = \frac{Q}{e^k - 1} + mV^2.$$

Et :

$$T = Q + m\,V^2 + \frac{Q}{e^k - 1}.$$

Dans le cas soumis à l'examen, les câbles ont 40 *mm* de diamètre ; leur poids par mètre courant est de 1,1 *k*, et leur vitesse linéaire de :

$$V = \frac{5{,}5 \times 3{,}14 \times 96}{60} = 27{,}632\,m.$$

Le nombre de câbles étant 6, chacun d'eux transmet :

$$\frac{216}{6} = 36\ chx$$

et l'effort tangentiel est :.

$$\frac{36 \times 75}{27{,}63} = 97{,}71\ kg.$$

La distance entre les axes des poulies étant de 8 *m*, le plus petit arc embrassé est de 146°, et l'on a :

$$\frac{a}{R} = \alpha = \frac{146\pi}{180} = 2{,}55\ m.$$

L'angle β fait par les deux faces de la gorge est de 45°. D'après M. le professeur Unwin, on peut admettre que $f = 0{,}28$. La valeur de K est donc :

$$K = 0{,}28 \text{ coséc } \frac{45}{2} . 2{,}55 = 1{,}86.$$

En appliquant l'expression de la tension du brin conduit, il vient :

$$t = \frac{97{,}71}{2718^{1,86} - 1} + \frac{1{,}1}{9{,}81} . \overline{27{,}63}^2 = 103{,}6\ kg.$$

La tension du brin conducteur a donc pour valeur

$$T = Q + t = 97{,}71 + 103{,}63 = 201{,}34.$$

Perte d'effet due à la raideur des câbles.

Reprenons l'expression de la raideur des câbles sur poulies à gorges : $\sigma' = 0{,}088 \frac{d^2}{R^{1,2}} Q^{0,7}$.

Le brin qui s'enroule sur la petite poulie a la tension $t = 103{,}6 k$; le diamètre du câble étant de 40 *mm* et le rayon de la poulie de $R = 485\ mm$; la raideur est :

$$\sigma' = 0{,}088 \frac{\overline{40}^2}{435^{1,2}} . 103{,}6^{0,7} = 2{,}473.$$

La tension totale du brin conducteur, en marche, est donc :

$$T = 201{,}34 + 2{,}47 = 203{,}81.$$

La tension du brin conduit sera, pour empêcher juste le glissement :

$$t = T - Q = 203{,}81 - 97{,}71 = 106{,}1\ kg.$$

La raideur à l'enroulement de ce brin sur la grande poulie est:

$$\sigma' = 0,088 \frac{\overline{40}^2}{2750^{1,2}} . \overline{20\ 381}^{0,7} = 0,458\,kg.$$

La raideur totale pour l'enroulement du câble sur les deux poulies est :

$$2,473 + 0,458 = 2,931\ kg.$$

Le travail dû à cette raideur est, naturellement égal, au produit de cette raideur par le chemin parcouru par seconde, soit:

$$2,931 \times 27,632 = 80,9894\,kgm \text{ par seconde.}$$

Et en chevaux de 75 *kgm* :

$$\frac{80,9894}{75} = 1,0798.$$

Le travail absorbé par la raideur de six câbles est :

$$1,0798 \times 6 = 6,4788\,chx$$

Perte d'effet due au glissement provenant du défaut d'égalité des diamètres au contact.

Il est admis qu'il est impossible de donner même tension à tous les câbles et de maintenir leur diamètre égal ; il en résulte que les rayons au contact sont variables et qu'il se produit des glissements d'autant plus élevés qu'il y a plus de différence dans le diamètre des poulies conduites et conductrices.

Un seul cas ne comporte aucun glissement dû à la différence d'enfoncement dans la gorge, c'est celui où les poulies conduites et conductrices ont égal diamètre ; ce cas est rare. Cette influence est également éliminée dans le cas d'un câble unique.

Supposons que trois des câbles aient un diamètre au contact sur la petite poulie excédant celui des trois autres de 10 *mm*.

Le nombre de tours de la petite poulie est de :

$$\frac{5,5}{0,87} . 96 = 606,89 \text{ tours.}$$

Le glissement par seconde est de :

$$\frac{606,89 \times 0,010 \times 3,14}{60} = 0,3176\,m.$$

La résistance au glissement d'un câble dans la gorge étant

$$Q = T - t = 97,71,$$

le travail absorbé par le glissement des trois câbles est :

$$97,71 \times 0,3176 = 93,098\,kgm,$$

et en chevaux de 75 *kgm* :

$$\frac{93,098}{75} = 1,241.$$

Perte d'effet due au glissement provenant de l'élasticité des câbles.

Le brin conducteur étant plus tendu que le brin conduit, s'allonge davantage ; par suite il passe une plus grande longueur du câble sur la poulie menante que sur la poulie menée ; il en résulte un glissement.

Désignons par s la longueur du câble, avant la tension, qui se développe sur l'une quelconque des poulies dans l'unité de temps. Pendant le travail, cette longueur devient s_1 pour le brin conducteur et s_2 pour le brin conduit. Si nous désignons par E le module d'élasticité, par P la tension par unité de section dans le brin conducteur et p dans le brin conduit, nous aurons pour l'expression de la longueur du brin conducteur :

$$s_1 = \left(1 + \frac{P}{E}\right)s,$$

et celle du brin conduit :

$$s_2 = \left(1 + \frac{p}{E}\right)s.$$

Le rapport de la vitesse de la courroie sur la poulie menante à celle de la poulie menée est :

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{1 + \frac{p}{E}}{1 + \frac{P}{E}}.$$

La section exacte du câble de 40 *mm* est :

$$\frac{40^2 \times 0,9}{1,273} = 1\,131\,mm^2.$$

Nous avons déterminé le module d'élasticité des câbles qui

nous ont servi pour nos essais de raideur et nous avons trouvé, comme valeur moyenne, E = 20.

Le rapport des vitesses des deux brins du câble est :

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{1 + \frac{103,6}{1\,131 \times 20}}{1 + \frac{203,81}{1\,131 \times 20}} = \frac{1,00458}{1,00901} = 0,9956.$$

La perte de travail résultant de ce glissement est donc, pour la commande totale des 216 *chx* :

$$0,0044 \times 216 = 1,000 \ ch.$$

Perte due au frottement des tourillons.

Ce calcul n'étant fait qu'au point de vue comparatif, nous ne déterminerons que le travail du frottement dû à la traction exercée sur les tourillons par les deux brins du câble, en négligeant le poids des pièces et en supposant les efforts de traction T et *t* parallèles, leur résultante étant ainsi mesurée par T + *t*.

En marche, cette traction pour un câble est égale à T + *t* moins la force centrifuge développée dans un demi-anneau. Il faut retrancher cette force centrifuge, car elle est déjà ajoutée au calcul de T + *t*. Cette traction est donc :

$$L = 103,6 + 203,81 - 171,2 = 136,21.$$

Pour les six câbles, la traction totale exercée sur le tourillon sera :

$$136,21 \times 6 = 817,26.$$

D'après Reuleaux, le travail du frottement pour un tourillon est :

$$Fc = \frac{fndQ}{15\,000}.$$

Dans cette formule :

f = coefficient de frottement ;
n = nombre de tours par minute ;
d = diamètre du tourillon en millimètres ;
Q = effort de traction.

Pour des tourillons en usage et bien lubrifiés, on peut adopter $f = 0,05$.

Pour la poulie de commande :

$$d = 180\ mm, \quad n = 96, \quad \text{et} \quad Q = 817{,}26.$$

Le travail absorbé par le frottement de ce tourillon est :

$$Fc = \frac{0{,}05 \times 96 \times 180 \times 817{,}26}{15\,000} = 47{,}074.$$

Pour la poulie conduite, $d = 100\ mm$, $n = 606$ et $Q = 816{,}26$. Le travail du frottement est :

$$Fc = \frac{0{,}05 \times 606 \times 100 \times 817{,}26}{15\,000} = 165{,}086.$$

Le travail total du frottement des tourillons est :

$$47{,}074 + 165{,}086 = 215{,}160\ kgm,$$

soit en chevaux de 75 *kgm* :

$$\frac{215{,}160}{75} = 2{,}869\ chx.$$

La perte totale d'effet pour les câbles de 40 *mm* de diamètre est :

$$6{,}48 + 1{,}24 + 1 + 2{,}87 = 11{,}59\ chx;$$

soit : $\frac{11{,}59}{216} = 5{,}36$ 0/0 de la puissance transmise.

Les résultats donnés par cette transmission étaient loin d'être satisfaisants ; le constructeur de câble consulté pour apporter une modification capable de donner une amélioration, conseilla l'emploi de câbles de 55 *mm* de diamètre. Les résultats devinrent alors déplorables.

Voici les conditions de fonctionnement :

Grand diamètre virtuel commandant du volant . .	5,540 *m*
Nombre de tours du volant.	96
Petit diamètre virtuel commandé de la poulie de la dynamo	0,910 *m*
Travail transmis par câble, sur le volant	36 *chx*
Nombre de câbles.	6
Vitesse du câble par seconde : $\frac{5{,}54 \times 3{,}14 \times 96}{50}$	= 27,841 *m*
Effort tangentiel : $\frac{36 \times 75}{27{,}841}$ = ...	= 96,979
Arc minimum embrassé.	146°

Valeur de K 1,86

Poids du câble par mètre courant. . . . . 2,5 *kg*

Tension à donner au brin conduit pour empêcher exactement le glissement :

$$t = \frac{96,979}{2,718^{1,86} - 1} + \frac{2,5}{9,81} . \overline{27,841}^2 = 17,882 + 197,533 = 215,415.$$

Tension du brin conducteur :

$$T = Q + t = 96,979 + 215,415 = 312,394.$$

Forge centrifuge sur chaque brin : $c = \frac{P}{g} V^2 = 197,533$ *kg*.

Raideur du câble, brin conduit :

$$\sigma' = 0,088 \frac{d^2}{R^{1,2}} Q^{0,7} = 0,088 \frac{\overline{55}^2}{\overline{455}^{1,2}} \overline{215,415}^{0,7} = \ldots \ldots = 7,396$$

Raideur du brin conducteur :

$$\sigma' = 0,088 \frac{\overline{55}^2}{\overline{2\,770}^{1,2}} \overline{(312,394 + 7,396)}^{0,7} = \ldots \ldots \ldots = 1,115$$

Raideur totale 8,511

Travail de raideur pour les six câbles :

$$\frac{6 \times 8,511 \times 27,841}{75} = 18,956 \; chx.$$

Travail dû au glissement provenant du défaut d'égalité des diamètres en contact, en supposant un écart de 10 *mm* sur le petit diamètre :

$$\frac{584,4 \times 0,010 \times 3,14}{60} \times \frac{96,979 \times 3}{75} = 1,186 \; ch.$$

Travail dû au glissement provenant de l'élasticité du câble.

Section vraie du câble : $\frac{\overline{55}^2 \times 0,9}{1,273} = 2\,138,6 \; mm^2$.

Rapport des vitesses des deux brins :

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{1 + \frac{215,415}{21\,386 \times 20}}{1 + \frac{312,39}{21\,386 \times 20}} = \frac{1,0050363}{1,00747662} = 0,997.$$

Travail de glissement : $0,003 \times 216 = 0,648$.

Travail dû au frottement des tourillons :

$$\frac{0,05\,(96 \times 180 \times 840,8 + 100 \times 584 \times 840,8)}{15\,000 \times 75} = 2,8297 \text{ } chx.$$

Perte d'effet totale : $18,956 + 1,186 + 0,648 + 2,829 = 23,619$,

soit : $\frac{23,619}{216} = 10,9$ 0/0 de la puissance transmise.

Il est bon de remarquer que les rendements que nous venons de déterminer s'entendent expressément pour une tension de câble juste suffisante pour empêcher le glissement.

Il est évident qu'il sera impossible d'atteindre cette limite, car la plus légère augmentation de puissance suffirait pour provoquer le glissement des câbles.

Pour calculer convenablement la tension de pose des câbles, il faudrait tenir compte :

1° De la condition d'adhérence du câble dans la gorge de la poulie ;

2° De l'allongement permanent du câble ;

3° De la régularité du mouvement.

Ces deux dernières conditions et surtout la régularité du mouvement quand il s'agit de commander une dynamo, nécessitent un accroissement de tension sur celle donnée par la condition d'adhérence seule et d'autant plus grand que les axes des poulies sont plus rapprochés.

Ordinairement, on ne détermine que la première des conditions et on laisse absolument à l'arbitraire la flèche ou tension au repos nécessaire pour avoir une régularité imposée. Le monteur du câble est seul juge en cette matière et très souvent il donne une tension beaucoup trop forte, à tel point que, quelquefois, on peut comparer les câbles à des barres de fer.

Que deviennent alors les pertes d'effet que nous avons déterminées ? Nous ne serions pas très surpris de les voir doubler et devenir 10 et 20 0/0 de la puissance transmise.

De plus, cette exagération de tension met rapidement le câble hors d'usage. L'adhérence dans la gorge devient, en effet, très grande et le glissement qui se produit forcément, soit à l'entrée et à la sortie, soit sur la périphérie de la gorge, effrite en peu de temps les parties qui viennent au contact.

Il n'en est pas de même avec les courroies, car il est très facile, lors de la pose, de déterminer exactement, à l'aide d'un dyna-

momètre, les tensions calculées pour leur établissement avant de faire la suture.

On pourrait aussi, il est vrai, employer un dynamomètre pour la pose des câbles, mais il gênerait beaucoup la confection de l'épissure, et généralement il n'en est pas fait usage.

Un autre moyen à recommander, tant pour les courroies que pour les câbles, est de calculer, puis d'observer au montage la flèche correspondante à la tension de pose, qui doit être, pour chaque brin, la moyenne arithmétique $\frac{T+t}{2}$.

Nous pouvons conclure hardiment que les pertes d'effet que nous avons calculées sont des minima qui ne seront jamais atteints.

Nous regrettons de ne pas avoir déterminé la tension réelle qui a été donnée aux câbles que nous avons vus fonctionner; nous aurions pu évaluer, à peu près, leur véritable rendement qui, à notre avis, eût été intéressant à connaître.

2° Commande par courroies en cuir

Reprenons les conditions de la première commande par câbles.

Grand diamètre virtuel commandant du volant.	5,500 *m*.
Petit diamètre virtuel commandé.	0,870 *m*.
Nombre de tours du volant.	96
Puissance à transmettre, mesurée sur le volant.	216 *chx*.

La condition d'adhérence de la courroie sur la poulie nous est donnée par les expressions trouvées précédemment et y faisant :

$$\beta = 180^\circ, \text{ d'où coséc} \frac{\beta}{2} = \text{coséc } 90^\circ = 1.$$

$$\frac{T - mV^2}{t - mV^2} = e^{f\frac{a}{R}} \qquad \text{et} \qquad Q = T - t.$$

Nous avons pour la vitesse :

$$V = \frac{5,5 \times 3,14 \times 96}{60} = 27,632\,m.$$

L'effort tangentiel est :

$$\frac{216 \times 75}{27,632} = 586\,kg.$$

Supposons une courroie de 500 *mm* de largeur et de 10 *mm*

d'épaisseur. Si nous adoptons 1,33 pour la densité, son poids par mètre courant est :

$$5 \times 0{,}1 \times 1{,}33 = 6{,}65 \; kg.$$

Le plus petit arc embrassé est, comme dans les cas précédents, de 146° et $\frac{a}{R} = 2{,}55$.

En adoptant pour le coefficient de frottement $f = 0{,}28$, nous trouvons que la tension du brin conduit est :

$$t = \frac{Q}{e^{f\frac{a}{R}} - 1} + mV^2 = \frac{586}{2{,}718^{0{,}28 \times 2{,}55} - 1} + \frac{6{,}65}{9{,}81}\,\overline{27{,}632}^2 = 1\,087 \; kg.$$

La tension du brin conducteur est :

$$T = Q + t = 586 + 1\,087 = 1\,673 \; kg,$$

et la fatigue est : $\frac{1\,673}{50} = 33{,}46$ *kg* par centimètre carré.

Perte d'effet due à la raideur.

L'expression (5) nous donne pour la raideur des courroies :

$$\sigma = \frac{le^2}{R^2}\left(1 + 14\frac{Q}{le}\right)$$

Sur la petite poulie, le brin qui s'enroule est le brin conduit, dont la tension est 1 087 *kg;* sa raideur est :

$$\sigma = \frac{500 \times 100}{435^2}\left(1 + 14\,\frac{1\,087}{5000}\right) = 1{,}056.$$

La tension totale du brin conducteur est :

$$1\,673 + 1{,}056 = 1\,674{,}056$$

et la raideur à l'enroulement de ce brin sur la grande poulie :

$$\sigma = \frac{500 \times 100}{2\,750^2}\left(1 + 14\,\frac{1\,674{,}056}{5000}\right) = 0{,}037.$$

La raideur totale est :

$$1{,}056 + 0{,}037 = 1{,}093 \; kg,$$

et le travail résultant, en chevaux de 75 *kgm* :

$$\frac{1,093 \times 27,632}{75} = 0,402.$$

Perte d'effet due au glissement provenant de l'élasticité.

Nous avons trouvé que le rapport de la vitesse des deux brins était :

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{1 + \frac{p}{E}}{1 + \frac{P}{E}}$$

Si nous posons E = 20, nous avons :

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{1 + \frac{1\,087}{5\,000 \times 20}}{1 + \frac{1\,674}{5\,000 \times 20}} = \frac{1,0108}{1,0167} = 0,994.$$

La perte d'effet est donc les 0,006 de la puissance transmise, soit :

$$0,006 \times 216 = 1,296 \ ch.$$

Perte d'effet due au frottement des tourillons.

La traction sur les axes, due à la courroie, est $T + t$, moins la force centrifuge d'un demi-anneau de courroie, déjà ajoutée au calcul de $T + t$.

$$T + t - 2mV^2 = 1\,674 + 1\,087 - 1\,034 = 1\,727 \ kg.$$

Nous avons trouvé que, pour une traction de 768 *kg*, le travail absorbé par le frottement était de 2,7 *ch*; pour une traction de 1 727 *kg*, il sera :

$$\frac{1\,727}{768} \times 2,7 = 6,071 \ ch.$$

La perte totale d'effet est donc :

$$0,402 + 1,296 + 6,071 = 7,769 \ ch,$$

soit $\frac{7,769}{216} = 3,5$ 0/0 de la puissance transmise.

Nous avons trouvé que, pour les câbles de 40 *mm* de diamètre, les pertes d'effet étaient de 5,25 0/0 de la puissance transmise, soit $\frac{5,25}{3,5} = 1,5$ fois celles des courroies et que, pour les câbles de 55 *mm* de diamètre, elles atteignaient 10,8 0/0, soit $\frac{10,8}{3,5} = 3,1$ fois celles des courroies.

Ces rapports mettent en évidence un avantage marqué à l'égard des courroies. Cet avantage s'accentue encore en pratique par la facilité et l'exactitude avec lesquelles les tensions de pose peuvent être observées au montage des courroies, tensions qui, pour les câbles, sont généralement arbitraires et le plus souvent excessives, comme nous l'avons déjà fait remarquer précédemment, en concluant sur les pertes d'effet des câbles.

Ces résultats seuls, en dehors du coût d'établissement et surtout d'entretien, suffiraient à rendre inexplicable la faveur avec laquelle a été accueilli l'emploi des câbles en chanvre pour les transmissions.

Nota. — Au moment de clore cette note comparative du fonctionnement des câbles et des courroies, nous apprenons que le jeu des six câbles dont nous avons examiné les conditions d'établissement vient de subir un accident grave.

L'un des câbles s'est soudainement rompu; l'une de ses extrémités est venue s'engager dans la gorge voisine et a provoqué ainsi un enchevêtrement des plus inextricables qui a causé la rupture de tous les autres câbles. En même temps, une violente trépidation s'est manifestée à l'induit de la dynamo, qui a pris feu immédiatement en enflammant les câbles.

Cet épilogue montre que, si les câbles sont peu recommandables au point de vue théorique, ils ne le sont pas davantage au point de vue pratique.

CHRONIQUE

N° 168

Sommaire. — Traction mécanique des tramways *(suite et fin)*. — Traversée rapide de l'Atlantique *(suite et fin)*. — Navires centenaires. — Communication acoustique sous-marine. — Observatoire météorologique du Mont Blanc.

Traction mécanique des tramways *(suite et fin)*. — Voici un résumé de la discussion qui a suivi la lecture du mémoire de M. Alfred-F. Sears, à l'*American Society of Civil Engineers*.

Le premier orateur, M. E. N. Kirk Talcott, a fait l'éloge des tramways à câble dont il a la pratique, ayant été attaché plusieurs années au South Side Street Ry à Chicago qui a toujours parfaitement fonctionné. Ce mode de traction est très répandu et est actuellement employé sur plusieurs lignes de New-York.

Il croit néanmoins que, si on peut surmonter les difficultés que présente l'emploi direct de la vapeur, ce sera le moteur de l'avenir. Il n'est pas favorable à l'électricité ; partout où il l'a vue fonctionner, il l'a trouvée un moteur disgracieux, coûteux et auquel on ne peut pas se fier entièrement. D'ailleurs, la faible utilisation de la puissance motrice suffirait à la faire rejeter.

M. H. W. Brinckerhoff trouve ce jugement un peu trop sévère. Un document instructif est le rapport de la *Central Tramway Company*, de Birmingham (Angleterre), qui emploie les quatre modes de traction dans la même ville. Les résultats donnés dans les tableaux ci-après, et relatifs à l'année qui a pris fin le 30 juin 1891, indiquent pour l'électricité un coût inférieur à celui de la vapeur, bien qu'il soit un peu supérieur à celui des deux autres moteurs; mais il faut tenir compte de ce fait que c'était la première année de l'installation de l'électricité, que celle-ci avait eu à surmonter bien des difficultés au début et que son emploi était encore peu étendu, comme on peut en juger par les chiffres du trafic :

SYSTÈME	RECETTES TOTALES	PARCOURS TOTAL	NOMBRE DE VOYAGEURS
	f.	*kil.*	
Locomotives	1 933 400	1 906 880	14 242 827
Chevaux.	731 900	1 026 735	3 752 416
Câble	699 200	841 889	5 241 362
Electricité.	218 300	222 817	1 144 718

DÉPENSES ET RECETTES PAR KILOMÈTRE DE PARCOURS

	LOCOMOTIVES	CHEVAUX	CABLE	ÉLECTRICITÉ
	f.	f.	f.	f.
Dépenses pour la force motrice.	0,396	0,455	0,209	0,338
— l'entretien du matériel .	0,021	0,034	0,051	0,119
— l'exploitation.	0,104	0,078	0,081	0,083
— la voie.	0,096	0,009	0,008	0,009
— frais généraux	0,069	0,032	0,044	0,069
Dépenses totales	0,686	0,608	0,393	0,618
Recettes totales.	0,973	0,684	0,797	0,941
Recettes nettes.	0,287	0,076	0,404	0,323

Le rapport de la Compagnie, auquel ces chiffres sont empruntés, dit que les résultats généraux de l'année ont été satisfaisants. Les lignes à câble ont continué à maintenir leurs recettes et les lignes électriques, qui, au commencement de l'exercice, avaient eu à passer par des difficultés exceptionnelles d'installation et d'entretien, paraissent avoir franchi cette période et donné des bénéfices sensibles qui vont en progressant rapidement. Un autre orateur parle des services qu'ont rendus à San-Francisco les tramways à câbles, qui ont permis de desservir des rues à pentes de 10 0/0 et plus. Toutefois il ne faut pas se dissimuler que ce système implique une perte considérable de puissance motrice et c'est une grosse objection.

Depuis quelques années, les progrès de la traction électrique ont été énormes ; il y a dix ans, il n'y avait rien en ce genre ; aujourd'hui, il y a un développement considérable et on peut en prévoir un bien plus grand encore, d'autant plus que ce mode de traction s'applique également aux villes de niveau et aux villes à sol accidenté. Toutefois, la perfection n'est pas dans le sens du conducteur aérien. La dépendance d'une station centrale ou d'un conducteur, lesquels peuvent manquer et arrêter tout le système, est une objection très sérieuse ; elle s'applique d'ailleurs également au câble.

Aussi, n'est-il pas étonnant que bien des ingénieurs regardent du côté des moteurs plus ou moins indépendants ; il en est qui considèrent l'air comprimé comme pouvant lutter avec l'électricité pour certains cas, et les moteurs à vapeur, dont a parlé le major Sears, trouveront leur application. Il serait à désirer d'avoir des renseignements plus précis sur ces moteurs.

M. Arthur P. Dodge s'empresse de répondre à cette dernière question. Un moteur à eau chaude perfectionné a été, dès 1879-80, essayé par feu Eugène H. Angamar, à Washington, New-York, Boston, Chicago, etc.

Les améliorations qui ont été depuis apportées à ce moteur sont surtout dans la disposition du réservoir et celle du foyer auxiliaire.

L'orateur cite les particularités suivantes d'un parcours fait avec le moteur qui est en service à Chicago, moteur qui peut remorquer deux cars entièrement chargés.

La pression a été au départ de 11,7 *kg*, à l'arrivée de 9,6 *kg*, après un

parcours de 24 *km*. Le foyer contenait environ 17 *kg* d'anthracite qui fut au deux tiers consumé pendant le trajet. On n'a pas regardé le feu pendant celui-ci. Cette machine peut développer 43 *ch* indiqués, elle pèse 9 *t*; le mécanisme et le réservoir sont sous le plancher de la voiture. L'écartement des essieux est de 1,83 *m*, c'est un peu long pour les courbes de très petit rayon, bien que la machine passe dans toutes les courbes où peuvent passer les cars à chevaux ou à câble. Le moteur a trainé une voiture chargée, étant lui-même chargé de voyageurs, sur une rampe de 9 0/0 à Chicago. On n'entend aucun bruit appréciable de l'échappement depuis qu'un condenseur à air a été ajouté.

L'orateur cite les résultats d'un certain nombre d'essais faits, en avril et mai 1892, avec ce moteur qui a quelquefois fonctionné constamment pendant une semaine entière. Il fait observer que les conditions de ces essais ne peuvent pas être considérées comme favorables. La communication entre les chaudières fixes et le réservoir se fait par le bas des premières, ce qui fait passer dans le second toute la boue et les dépôts du fond des générateurs. De plus, il n'y a pas de disposition spéciale pour allumer l'anthracite qui doit être mis dans le foyer.

M. Emery rappelle qu'à Richmond des voitures électriques, du système Sprague, remontent des rampes allant jusqu'à 14 0/0. Le moteur seul pèse 3 000 à 4 000 *kg*, mais la voiture chargée atteint un poids de 6 500 à 9 000 *kg* et toute la charge est utilisée pour l'adhérence. Il est probable toutefois, que, pour des inclinaisons aussi fortes, le câble est préférable.

M. E. Russell Tratman donne d'intéressants détails sur les tramways à traction animale de l'Amérique du Sud. Le « tramway rural », qui s'étend jusqu'à 400 *km* de Buenos-Ayres et a un profil très peu accidenté, est exploité avec des chevaux. La raison en est que le charbon coûte 55 *f* la tonne, tandis que pour 100 *f* on a un bon cheval et que pour 100 autres francs on le nourrit pendant toute l'année. Le trajet dure trois jours; on change très fréquemment de chevaux pendant sa durée. Le tarif est de 250 *f*. Le matériel roulant est très soigné, il y a des wagons-lits avec toilettes, etc., de construction américaine.

Pour l'orateur, tous les systèmes ont leur terrain d'application et leurs qualités. Le câble est excellent pour les lignes urbaines à fort trafic. L'électricité est pratique, mais les conducteurs aériens soulèvent beaucoup d'objections. Les accumulateurs et les conducteurs souterrains n'ont pas ces inconvénients, mais ils n'ont pas encore donné des résultats tout à fait satisfaisants et il est douteux qu'ils y arrivent, tant que les autorités municipales toléreront l'emploi des conducteurs aériens, qui coûtent beaucoup moins de premier établissement.

La traction à vapeur est surtout à recommander pour les lignes où le trafic est médiocre ou irrégulier. Mais bien souvent la voie est trop légère et les machines sont trop faibles; si, avec cela, le matériel n'est pas bien surveillé et entretenu, il en résulte des inconvénients qui amènent des préventions contre ce mode de traction.

Les locomotives de tramways ont généralement deux essieux accouplés ensemble, ce qui, à cause du faible écartement de ces essieux, donne peu de stabilité; quelques-unes ont des essieux porteurs convergents à une ou aux deux extrémités. Cette disposition est nécessaire

pour les moteurs un peu puissants. Il y a près de 400 locomotives à vapeur en service sur les tramways aux Etats-Unis; dans la Grande-Bretagne, il y en a environ 550 fonctionnant dans les grandes villes et dans leur banlieue, ou dans le voisinage des centres industriels importants; quelques Compagnies de tramways possèdent de 25 à 75 machines.

On doit reconnaître que ces moteurs prêtent trop souvent le flanc à la critique en Angleterre par la négligence que mettent les constructeurs et les exploitants à se conformer aux prescriptions du Board of Trade; mais il y a cependant de bonnes machines. L'orateur ayant eu à donner son avis sur le meilleur mode de traction à employer pour une ligne à établir, s'est prononcé en faveur de locomotives à vapeur ou voitures à vapeur automotrices, de préférence au système électrique à conducteur aérien, comme devant coûter moins cher et de premier établissement et de service. Ce genre de machine est également largement employé en Italie, en Belgique, dans l'Inde et autres pays, tant pour les villes que pour la campagne.

En Amérique, on se sert surtout des moteurs de Baldwin et de Porter. La première maison a appliqué à quelques-uns le système à quatre cylindres de Vauclain. Voici quelques exemples d'exploitation par moteurs à vapeur :

Ensley. Ala. — Locomotive à cylindre de 0,305 × 0,406, pesant 17 000 *kg*, remorque 57 *t* sur 2 0/0 et passe dans des courbes de 18 *m*. Les cars pèsent vides 6 300 *kg* et portent 100 voyageurs. La longueur de la ligne est de 12 1/2 *km*, et les machines font un jour 200 et un jour 270 *km*, en brûlant 1 360 *kg* de coke pour ce dernier parcours, ce qui fait 5 *kg* par kilomètre de parcours. Les machines ne font aucun bruit et donnent toute satisfaction.

Selma. Ala. — Locomotives à cylindres de 0,152 × 0,254 *m*, pesant 7 *t*, rampes 2 0/0; dépensent environ 180 *kg* de coke en dix heures; la dépense de combustible et de graissage est d'environ 5 *f* par jour. A la vitesse de 10 *km* à l'heure, la machine peut être arrêtée sur une longueur de moins de 2 *m*. Le machiniste est payé à raison de 1,50 *f* l'heure.

Nashville. Tenn. — Locomotives à 4 roues de 0,915 *m*, cylindres de 0,305 × 0,610 *m*, pesant 15 *t*. Les voies suivent des rues populeuses; il n'y a jamais d'accidents ni de chevaux effrayés. Rampes maxima, 8 1/4 0/0. Les machines remorquent 2 cars de 10 *m* (contenant quelquefois jusqu'à 300 personnes) sans difficulté, et s'arrêtent et repartent sur les rampes indiquées ci-dessus. Le service de ces locomotives est absolument satisfaisant.

Saint-Louis. Mo. — Locomotives de 4,50 *m* de longueur, à cylindres de 0,242 × 0,356 *m*, roues de 0,761 avec 1,600 *m* d'écartement d'essieux, pesant 9 *t*, brûlant du coke de gaz; trainent environ 45 *t* sur des inclinaisons de 3 0/0 avec courbes de très faible rayon. Elles trainent 5 cars ouverts, de 70 voyageurs chacun, à 25 à 30 *km* à l'heure, sur des parcours de 5 à 10 *km*, avec arrêts fréquents. Ces machines ne font pas de bruit et ne donnent pas d'échappement visible, sauf par les temps très humides.

Philadelphie. Pa. — Voiture automobile avec chaudière verticale, puissance 15 *ch*, transmission par engrenages, a été construite par une

Compagnie de chemins de fer et a coûté environ 12 500 *f*. Elle contient 30 personnes assises; il y a des caisses à eau sous les banquettes. Le parcours est de 5 *km*. La voie, en rails à ornières de 23,5 *kg* sur traverses en bois, est posée dans des rues populeuses; les accidents provenant de chevaux effrayés sont assez rares. On peut, en cas de presse, atteler derrière des voitures et transporter de 100 à 200 personnes. La consommation de combustible est de 680 *kg* par douze heures. On paie les machinistes 14,50 *f* et les conducteurs 12,50 *f* par jour.

Répondant aux observations présentées dans la discussion, M. Sears fait remarquer que tout le monde a été à peu près d'accord pour reconnaitre que, si on pouvait corriger certains défauts de l'application directe de la vapeur à la traction des tramways, on réaliserait avec elle le moteur par excellence. Le moteur dont il a parlé a justement pour but de réaliser ce *desideratum*. Il développe quelques considérations relativement à la comparaison qui a été faite des dépenses de traction sur les tramways de Birmingham avec les différents moteurs, et ne doute pas que les améliorations que présente cette machine ne changent absolument le rang qu'occupe la traction par locomotive dans le tableau que nous avons donné plus haut.

Quant à la facilité de remonter des rampes aussi raides que les voitures électriques, elle n'est pas à contester, puisque c'est une affaire d'adhérence et non de moteur, le poids total de la charge étant utilisable pour l'adhérence dans les deux cas.

Nous croyons utile d'ajouter ici quelques renseignements envoyés ultérieurement par M. G. Downe sur les tramways de Sydney (Nouvelle-Galles du Sud).

Dans cette ville, il y a cinq lignes principales de tramways qui se croisent toutes en un point, et huit lignes d'embranchement greffées sur les premières. On rencontre sur ce réseau des inclinaisons de 3 à 5 0/0 et des courbes de 24 à 60 *m* de rayon; on peut estimer que près d'un tiers du réseau est en fortes rampes.

Ces tramways sont exploités par le gouvernement de la colonie; le service est fait par des locomotives à vapeur au nombre de 106, dont 93 de la fabrique de Baldwin, 10 faites dans le pays sur des modèles américains et 3 de provenance anglaise.

La presque totalité est à quatre roues; ces roues ont 0,890 *m* de diamètre, les cylindres 0,280 × 0,407 *m*.

Voici quelques chiffres sur le service de ces machines pendant l'année 1892 :

Nombre total de moteurs (moyenne de l'année).	106,35
— en service . . { pour l'exploitation. . .	61,85
— en service . . { pour les travaux. . . .	3,00
— de moteurs en réparation.	23,91
— de moteurs en réserve (moyenne) . . .	17,59
Parcours total des machines (kilomètres) . . .	3 035 337
— — des trains.	2 587 766
— moyen par machine (nombre total) . .	29 540
— — par machine en service. . . .	46 806

Voici également le total des dépenses de traction qui s'élèvent à 1,11 *f* par train-kilomètre.

Personnel autre que celui des machines	Fr.	0,114
Mécaniciens et chauffeurs		0,409
Combustible		0,145
Fournitures diverses		0,028
Eau		0,019
Graissage		0,034
Réparation des machines		0,263
— des voitures		0,096
TOTAL	Fr.	1,108

Ce chiffre peut paraître assez fort, mais il est d'abord nécessaire de tenir compte des prix élevés de la main-d'œuvre en Australie. Les mécaniciens sont payés de 13,75 à 17,50 *f* par jour, les chauffeurs de 9,50 à 11,25 *f*, les nettoyeurs de 6 à 9,50 *f* par nuit. Les ouvriers de métiers gagnent des journées analogues : les forgerons, de 12 à 15 *f*; les ajusteurs, de même : les manœuvres, 8 à 9 *f* avec quarante-huit heures de travail par semaine. Il y a, par an, de quatorze à dix-sept jours de congé pour le personnel pendant lesquels il est payé comme pour les jours de travail.

De plus, les trains comptent de 1 à 4 voitures, la moyenne étant de 2 1/4. Ces voitures sont de grandes dimensions et contiennent soixante-dix personnes assis; la moyenne est ainsi de cent cinquante-huit voyageurs assis par train et le poids moyen atteint 37,5 *t*. On voit qu'il ne s'agit pas ici de la traction de petites voitures de seize à vingt-quatre places. La vitesse moyenne est de 16 *km* à l'heure, La machine fait en moyenne 130 *km* par jour. Bien que tout le mécanisme soit bas et exposé à la poussière par la sécheresse et à la boue par les temps humides, le matériel est entretenu en bon état sans trop de frais, comme on a pu le voir par les chiffres qui précèdent.

Les dépenses totales par train-kilomètre ressortent à 2,16 *f* dont 1,11 *f* pour la traction. Malgré les circonstances peu favorables qui ont été signalées, le bénéfice net ressort à 5 0/0 au moins du capital d'établissement, après prélèvement de larges réserves pour renouvellement de la voie et du matériel.

Les tarifs sont en moyenne de 0,06 *f* par kilomètre.

Traversée rapide de l'Atlantique *(suite et fin)*. — Le *Campania* et le *Lucania*, construits à Glasgow par la *Fairfield Shipbuilding and Engineering Company*, sont des vapeurs à deux hélices des dimensions suivantes :

Longueur totale	189,70 *m*
— entre perpendiculaires	183,00
Rapport de la longueur à la largeur	9,23
Largeur minima	19,90
Creux sous le pont principal	12,66
— sous le pont de promenade	18,15

Tirant d'eau maximum. 7.01
Tonnage . . . . (environ). 13 000 *tx*

Les deux paquebots sont entièrement semblables; les coques sont faites sur les mêmes lignes et les machines sur les mêmes modèles. Les pièces de ces dernières sont interchangeables et l'on a déjà eu l'occasion de profiter de cette faculté.

La coque est en acier, la quille est intérieure et formée d'une poutre creuse dont les tôles verticales ont 1,35 *m* de hauteur et sont écartées de 1,30 *m*, mais cet écartement s'élève à 2,40 *m* dans la partie où se trouvent les machines. La tôle horizontale inférieure a 25 *mm* d'épaisseur et est doublée d'une tôle semblable.

Les membrures écartées de 0,75 *m* sont formées de fers à rebords de 0,20 × 0,10 × 0,10; dans l'espace réservé aux machines, ces membrures sont doublées d'autres en cornières de 0,15 × 0.10 *m*. Le bordé est en tôle de 20 et 25 *mm* d'épaisseur; les feuilles ont de très grandes dimensions : 7,60 *m* sur 1,83 *m* et quelques-unes sur 2,50 *m*; elles pèsent jusqu'à 2 *t*. Les joints sont à clin pour les joints longitudinaux et à double couvre-joint pour les jonctions transversales. L'effet est moins gracieux, mais la résistance est plus grande. Tous les rivets sont posés à la presse hydraulique : on a tout sacrifié pour donner à la coque une grande rigidité à cause de l'énorme puissance développée par les machines. Les ponts sont en tôle d'acier avec un revêtement de bois de Teck.

Il y a un double fond de la hauteur de la quille, 1,35*m*, formant *water-ballast* et pouvant contenir 2 000 *t* d'eau.

Les cloisons transversales sont au nombre de dix-huit et il y a une cloison longitudinale entre les deux machines. L'écartement des premières n'est jamais supérieur à 19,80 *m*. On a calculé que le navire peut flotter avec deux et même trois compartiments noyés. Les soutes à combustible s'étendent sur les côtés et le dessus des chaudières pour satisfaire aux prescriptions de l'Amirauté relativement aux paquebots devant servir de croiseurs auxiliaires. Ces cloisons sont renforcées par des fers en U au lieu de cornières.

Les hélices ont été aussi rapprochées l'une de l'autre que possible, pour prévenir leur émersion au roulis, mais elles sont dans le même plan transversal, contrairement à ce qui a été fait pour le *Teutonic* et le *Majestic*; les supports des arbres sont d'une même pièce avec l'étambot, le contre-étambot et la voûte qui unit ces deux parties; c'est un seul morceau d'acier coulé. Le gouvernail a une force extraordinaire; il est fait d'une seule tôle d'acier de 30 *mm* d'épaisseur sur 6,60 *m* de hauteur et 3,60 *m* de largeur, qui a été fournie par Krupp, aucune usine anglaise n'ayant voulu se charger de sa fabrication. Cette tôle est prise entre des pièces fourchues, se rattachant à une mèche cylindrique de 0,40 *m* de diamètre, terminée par une traverse horizontale de 1,20 *m* de longueur, qui sert à la manœuvre du gouvernail.

Toutes les tôles et fers profilés de la coque ont eté fournis par les aciéries de Consett, les aciéries d'Écosse et D. Colville et fils.

Le marché pour la construction du *Campania* et du *Lucania* a été signé en août 1891. La première pièce de la quille du premier n'a été posée que

le 22 septembre parce qu'il avait fallu modifier les cales en vue de la construction de navires d'une longueur si grande. On a commencé à poser le bordé le 21 janvier 1892 et on l'a terminé le 30 juin ; la mise à l'eau a eu lieu le 8 septembre 1892, soit un peu moins d'un an après le commencement des travaux.

L'appareil moteur se compose de deux machines à triple expansion, à cinq cylindres chacune, dont deux cylindres à basse pression, surmontés chacun d'un cylindre à haute pression et ayant entre eux le cylindre intermédiaire, il y ainsi trois coudes à chaque arbre d'hélice. Ces coudes sont à 120 degrés. Les diamètres respectifs sont 0,940 *m* pour les cylindres à haute pression, 2,042 *m* pour les cylindres intermédiaires et 2,489 *m* pour les cylindres à basse pression; la course est pour tous les pistons de 1,753 *m*. Tous les cylindres ont des fourreaux en fonte rapportés à l'intérieur, l'espace entre ces fourreaux et les cylindres servant à la circulation de la vapeur avec retour automatique de l'eau de condensation à la bâche. Les petits cylindres ont des tiroirs à pistons, avec des anneaux Ramsbottom, les autres ont des tiroirs plans à double orifice. La commande se fait pour tous par double excentrique et coulisse Stephenson.

Voici comment on peut se rendre compte de la puissance développée par les machines. Le rapport du volume des cylindres à basse et à haute pression est de 7. Si on admet à 70 0/0 au premier cylindre, le rapport d'expansion est de 0,70 à 7, soit 10. Avec une pression initiale *absolue* de 12,75 *kg* et une détente totale de 10, la loi de Mariotte donnerait une pression moyenne de $0{,}33 \times 12{,}75$ *kg* = 4,25 *kg*, mais les pertes diverses en surface sur le diagramme amenées par l'expansion dans trois cylindres successifs, par rapport à la courbe logarithmique, réduisent cette pression moyenne à 2,5 *kg* en nombre rond. La surface du grand piston étant de 48 695 cm^2, la pression est de $48\,695 \times 2{,}5 = 121\,740$ *kg*. A la vitesse de 4,70 *m* par seconde correspondant à l'allure de 80 tours par minute, le travail atteint 572 178 *kgm* ou 7 620 *chx*, soit pour les quatre cylindres à basse pression du navire 30 480 *chx*. En fait on a légèrement dépassé 31 000.

Les machines reposent sur une forte plaque de fondation creuse de 1,68 *m* de hauteur par l'intermédiaire de six bâtis avec pied à fourche. Les cylindres à haute pression sont posés sur les plateaux supérieurs des cylindres à basse pression, avec interposition d'une pièce assez élevée pour qu'on puisse aborder les presse-étoupes des tiges de pistons. Les cylindres sont reliés par des tirants longitudinaux placés de chaque côté. Les plateaux des cylindres à haute pression sont à 14,33 *m* au-dessus du niveau inférieur de la plaque de fondation.

Chaque machine a deux pompes à air et deux pompes de circulation mues par un balancier articulé sur les têtes des pistons des cylindres AV et AR. Il y a en outre des pompes de circulation indépendantes du système centrifuge à conduites de 0,50 *m* actionnées par des machines compound tandem. Ces machines peuvent tourner à une vitesse maxima de 250 tours et débiter à cette allure 72 m^3 chacune par minute ou 4 900 m^3 à l'heure ; on peut envoyer à volonté la vapeur dans les cylindres à basse pression et faire échapper directement les cylindres à haute pression de manière à augmenter considérablement la puissance et la

capacité. Ces appareils sont surtout utiles pour l'épuisement en cas de voie d'eau. Il y en a deux doubles, soit quatre pompes par navire.

Les arbres sont en acier Wickers; les arbres coudés sont en trois parties interchangeables, et ont 0,660 *m* de diamètre, chaque partie pèse 27 *t* et chaque arbre complet 110 *t*. L'arbre de buttée a 24 collets, il a 0,610 *m* de diamètre, l'arbre de l'hélice a le même diamètre et est divisé en parties de 7,20 *m* de longueur. Les hélices sont à trois ailes en bronze de manganèse fixées à un moyeu en acier coulé. Chaque aile pèse 8 *t*; chaque hélice a coûté 87 500 *f*.

On a calculé que, si les ailes d'hélice avaient été fondues avec des pièces de 10 centimes, il aurait fallu 5 1/2 millions de ces pièces pour les six ailes nécessaires pour chaque navire.

Les changements de marche sont commandés par un appareil Brown et on y a ajouté un appareil de sûreté qui arrête automatiquement les machines dès que la vitesse excède une limite fixée d'avance, c'est pour éviter le retour d'accidents semblables à celui du *City of Paris*. (Voir Chroniques de mai et juillet 1890). Cet appareil est relié à la machine par un système de leviers, de sorte qu'on n'a pas à craindre les dérangements provenant des transmissions par chaines, courroies ou autres organes flexibles.

La vapeur est fournie à la pression de 11 3/4 *kg* par centimètre carré par huit chaudières doubles et deux simples. Les premières ont 5,49 *m* de diamètre et 5,18 *m* de longueur, avec enveloppe en tôle d'acier de 38 *mm* d'épaisseur. Chaque chaudière a 8 (les simples 4) foyers ondulés de Fox avec chambre de combustion commune à deux foyers voisins. Il y a ainsi 102 foyers en tout. Les tôles d'enveloppe ont 6,10 *m* de longueur sur 2,13 *m* de largeur. Chaque chaudière a 950 à 1.000 tubes de 2,05 *m* de longueur, ce qui représente un développement de plus de 20 *km* pour l'ensemble des tubes de l'appareil évaporatoire. Les chaudières sont placées en travers sur trois de front avec chaufferies opposées. Il y a pour chacun des deux groupes une cheminée de 5,80 *m* de diamètre dont le haut est à 40 *m* au-dessus des grilles. Cette grande hauteur est nécessaire parce que les chaudières fonctionnent à tirage naturel, seulement l'accès de l'air aux chaufferies est aidé par douze ventilateurs de 2,50 *m* de diamètre actionnés chacun par une machine à triple expansion dont les manivelles tournent dans un bain d'huile. Ces ventilateurs jouent avec beaucoup plus d'énergie le rôle des manches à vent ordinaires.

L'alimentation des chaudières se fait par des pompes à vapeur indépendantes. Au sortir des condenseurs, l'eau est refoulée par les pompes de la machine dans un réchauffeur de Weir où elle est purgée d'air et portée à l'ébullition, puis filtrée, de là les pompes spéciales dont nous venons de parler la refoulent aux chaudières. La vapeur de rechauffage est prise au réservoir intermédiaire et à l'échappement des machines auxiliaires. L'eau est filtrée pour la débarrasser des matières grasses d'un effet si pernicieux pour les chaudières par des filtres Harris. Ces filtres débitent 5 000 m^3 par 24 heures ou 60 000 m^3 par voyage aller et retour; tout le contenu des chaudières y passe cinq fois par 24 heures. La matière filtrante est de l'éponge ; il y a un avertisseur électrique qui, dès

que, le filtre étant engorgé, la pression augmente, en prévient; on opère alors le nettoyage par un renversement du courant sans rien démonter. Ce nettoyage a lieu une fois par 24 heures. Avec ces précautions on maintient les chaudières dans un état de propreté absolue.

L'analyse des matières retenues dans les filtres a fait constater la présence de 53,34 0/00 de matières grasses solubles dans l'éther, 4 0/0 de matières grasses insolubles, 21 de substances minérales, fer, cuivre, zinc et un peu de sable et 19 d'eau.

Il y a, pour réparer les pertes d'eau douce, quatre évaporateurs de Weir donnant chacun 30 m^3 par jour.

Les chaudières sont munies d'*hydrokineters* ou appareils pour faire circuler l'eau et égaliser la température.

Les conduites de vapeur aux machines ont 0,508 *m* de diamètre et 13 *mm* d'épaisseur; elles sont en fer soudé à recouvrement au lieu de cuivre pour prévenir le retour des très graves accidents qu'a amenés, dans ces derniers temps, l'emploi de ce dernier métal. Il est vrai que le fer a l'inconvénient de s'altérer par l'oxydation, ce qui fait que certaines personnes ne voient pas sans appréhension l'introduction de conduites de vapeur de gros diamètre en tôle de fer.

Les installations des paquebots dont nous nous occupons sont très soignées. Les premières classes sont au milieu du navire, à l'avant des machines; les secondes à l'avant des premières et en dessus, les troisièmes à l'avant et en dessous. Il y a place pour 600 passagers de première, 400 de seconde et 700 à 1 000 de troisième; avec 415 hommes pour l'équipage, cela fait un total maximum de 2 400 personnes.

Il est facile de comprendre que la nourriture de 2 000 personnes pendant six jours est une question importante; aussi les installations qui y correspondent sont-elles d'un caractère grandiose. La cuisine, qu'on pourrait appeler l'atelier de préparation de la nourriture, a 7,50 *m* sur 10. On peut y préparer à la fois cent soixante-dix plats ou mets différents, sans compter les rôtis qui cuisent dans les fours et les légumes dans les chaudières. L'installation mécanique est très remarquable : des monte-charges pour les plats, d'autres pour les assiettes; des chaudières chauffées à la vapeur pour les légumes, des grils dont le calorique perdu chauffe les assiettes, des tables chaudes, des moulins à café mus par moteurs, etc.

Les approvisionnements sont en rapport. On emporte par voyage 10 000 *kg* de bœuf frais, 500 de bœuf salé, 5 000 de mouton frais, 1 500 de poisson frais, 10 000 volailles diverses, 30 tonnes de pommes de terre, 18 000 œufs, 500 *kg* de thé, 700 de café, 2 250 *kg* de sucre, 1 500 *kg* de fromage et autant de beurre, 3 000 de jambon et 800 de lard.

Ces approvisionnements ne sembleront pas exagérés, si on considère que l'équipage seul consomme plus de 500 *kg* de bœuf par jour; 18 000 œufs en font deux par minute, ce qui n'a rien d'excessif. On compte un demi-citron et 3 oranges par tête de passager et par jour. Les approvisionnements de liquides, vin, bière, alcool et eau sont en proportion.

On n'a pas négligé un autre ordre d'idées non moins important : les moyens de sauvetage; il y a vingt embarcations dont seize de 9,15 *m*

sur 2,75 et les autres un peu plus petites, toutes avec décrochage automatique des palans de suspension. Il y a des ceintures de sauvetage dans les cabines et les salons, et, de plus, chaque passager a dans sa couchette un oreiller pouvant servir de bouée de sauvetage. Toutes les précautions prises dépassent largement les prescriptions du Board of Trade.

L'éclairage est entièrement fait à l'électricité ; il y a 1 350 lampes à incandescence de 16 bougies, plusieurs grands réflecteurs de 8 lampes, les feux réglementaires et un puissant *search light* ou phare de 2 000 bougies. Ces lampes sont alimentées par 80 *km* de fils isolés et 4 dynamos actionnées chacune par une machine à deux cylindres de 0,242 *m* et 0,382 *m* de diamètre et 0,254 *m* de course.

La ventilation et le chauffage à vapeur de toutes les parties du navire sont installés d'après les meilleurs modèles. Nous bornerons là notre description, renvoyant aux articles que nous avons signalés les personnes qui voudraient avoir des détails plus complets.

Chacun de ces navires a coûté 15 millions de francs en nombre rond. Voici la composition de l'équipage :

NAVIRE	MACHINE	SERVICE
1 Capitaine	1 Chef mécanicien	1 Maître d'hôtel
6 Officiers	21 Mécaniciens	105 Garçons
1 Commissaire	2 — pr machines frigorifiques	45 Cuisiniers, etc.
1 Docteur	1 — pr les machines du pont	8 Femmes de chambre
1 Charpentier	8 Electriciens	
1 Menuisier	2 Magasiniers	
1 Premier maître	1 Homme pour les pompes	
2 Seconds maîtres	18 Graisseurs	
6 Quartiers-maîtres	9 Premiers chauffeurs	
1 Lampiste	75 Chauffeurs	
40 Marins	57 Soutiers	
61	195	159

Total du Personnel :	
Navire	61
Machine	195
Service	159
	415

On peut faire un rapprochement curieux entre ce personnel formidable et celui de nos premiers paquebots transatlantiques. En janvier 1847 le ministre des finances passa avec la Compagnie Héroult et de Handel une convention pour le transport des correspondances entre le Havre et New-York au moyen de quatre bâtiments à roues de 450 chevaux, dits transatlantiques, confiés à la Compagnie par le département de la marine. Ces bâtiments étaient le *Christophe Colomb*, le *Darrien*, le *Canada*, et *l'Ulloa*.

Le cahier des charges annexé à la convention prévoyait un personnel d'au moins 79 hommes, dont 56 pour le navire, 17 pour la machine et 6 pour les passagers, non compris il est vrai les domestiques et garçons de service.

Le cahier des charges de 1857 pour la concession des services postaux

transatlantiques prévoyait pour les paquebots de 750 chevaux de la ligne de New-York un personnel de 105 hommes dont 45 pour le navire, 49 pour la machine et 11 pour le service des passagers.

Nous avons dit que le *Campania* avait été mis à l'eau le 8 septembre 1892. Le *Lucania* l'a été le 2 février 1893. Les premières pièces de fonte des machines ont été livrées le 15 septembre 1891 et les dernières au commencement de 1892. Les machines et chaudières étaient entièrement montées sur le *Campania* le 15 décembre, soit trois mois et huit jours après sa mise à l'eau, et les machines purent tourner le 26 décembre. Le navire quitta Glascow pour ses essais le 17 mars 1893. Dans ces essais, les machines développèrent 31 050 *chx* indiqués, et la vitesse atteignit, dit-on, 23,15 nœuds; il arriva à Liverpool le 1er avril et en repartit, pour son premier voyage à New-York, le 23 avril. Ce voyage fut accompli en 6 jours, 8 heures et 34 minutes par un temps peu favorable. On voit par ce qui précède qu'il a gagné, depuis, environ 18 heures, soit 14 0/0 de vitesse.

Les noms de *Campania* et *Lucania*, qui sont ceux de deux provinces de l'Italie ancienne, ont été donnés à ces paquebots en vertu de la tradition qui fait baptiser, depuis l'origine, les navires de la Compagnie Cunard de noms de contrées ou provinces, après avoir commencé par les parties du monde. De même les paquebots de la *White Star Line* portent des noms se terminant en *ic* et généralement de nations, *Gallic*, *Teutonic*, etc. Ceux de la ligne Inman avaient des noms de villes, *City of Berlin*, *City of Chicago*. Les derniers paquebots de la Compagnie Générale Transatlantique sont baptisés de noms d'anciennes provinces françaises, *Champagne*, *Normandie*, *Touraine*, et les paquebots du North German Lloyd, de noms de fleuves, *Sprée*, *Havel*, *Weser*, etc. Ces désignations sont commodes pour faire reconnaitre, au nom du navire, la ligne à laquelle il appartient.

Navires centenaires. — Les rapports du *Board of Trade* indiquent dans les statistiques des naufrages l'âge des navires perdus. On est surpris d'y trouver des navires d'une extrême vieillesse qui naviguaient, par conséquent, encore.

Ainsi, la dernière statistique contient 39 navires perdus ayant de 50 à 60 ans, 18 de 60 à 70, 30 de 70 à 100, et enfin 6 de plus de 100 ans. Même en admettant une *mortalité* particulièrement élevée chez ces vieux navires, on doit bien admettre que le nombre de ceux qui existent est beaucoup plus grand que celui de ceux qui périssent. Il ne faudrait pas croire non plus que ce ne sont que des bateaux de navigation intérieure. Voici deux exemples : la *Juno*, de Beaumaris, construite il y a 106 ans, a péri dans un voyage le long des côtes ; l'*Endeavour*, de Plymouth, encore plus vieux, s'est perdu en revenant de Dunkerque.

Ce qui est plus curieux, c'est que la statistique en question cite deux vapeurs âgés l'un de 80 ans, l'autre de 90. Comme la construction des premiers bateaux à vapeur de mer ne remonte guère qu'à 1815, c'est-à-dire à moins de 80 ans, on doit supposer qu'il s'agit d'anciens navires à voiles transformés plus tard en navires à vapeur. Mais il est probable que cette transformation remonte déjà très loin, car il est peu admis-

sible qu'on se fût donné la peine de mettre des machines et chaudières sur des coques déjà vieilles.

Le journal *Engineer*, dans lequel nous trouvons ce renseignement, ajoute qu'il ne faut pas lui attribuer une portée exagérée, attendu que les navires conservent toujours leur nom, même quand il n'y reste plus ni une planche ni une cheville de la construction primitive.

Communication acoustique sous-marine. — L'idée de Daniel Colladon (Bulletin de novembre, page 456) d'utiliser la transmission du son dans l'eau pour établir une communication entre les navires et les côtes a été reprise récemment par le capitaine Neale, qui vient de faire d'intéressantes expériences sur la Tamise. Le principe consiste toujours dans l'emploi d'une cloche frappée par un marteau pour produire le son, et d'un diaphragme métallique pour le recevoir, les deux étant immergés assez profondément pour être à l'abri de l'agitation superficielle.

Le point intéressant de la question est l'emploi du *principe harmonique*. D'après l'inventeur, un corps disposé pour vibrer sous un ton ne vibrera que sous ce ton et pas sous un autre. Si donc on choisit une note qui ne se produise que très rarement, le récepteur ne recevra que cette note, et on n'aura pas à craindre de voir les communications dérangées par des bruits étrangers.

Les signaux sont produits d'après le code de Morse, c'est-à-dire qu'on règle les intervalles des sons, de manière à donner l'équivalent des traits et des points. Si on relie le récepteur à un appareil téléphonique on pourra écrire le message comme on le fait en télégraphie.

Pour établir ces appareils à bord des navires, il faut mettre un transmetteur et un récepteur sur chaque bord. Cette installation permettrait, en cas de brume, de reconnaître l'approche d'un navire et la direction qu'il suit, de lui signaler la présence d'un autre navire et sa position, on pourrait ainsi prévenir des abordages. La communication avec la terre ou avec des feux flottants pourrait aussi rendre de grands services. Il y a là un vaste champ d'applications à exploiter, mais il faudrait que les premières expériences faites sur la Tamise fussent confirmées par d'autres réalisées sur une plus grande échelle et sur une plus grande distance, bien que les constatations faites par Colladon montrent qu'on peut transmettre des signaux à 80 *km*, ce qui est déjà bien quelque chose.

Observatoire météorologique du Mont Blanc. — M. J. Vallot, fondateur et directeur de l'Observatoire météorologique du Mont Blanc a adressé à notre Société le premier volume des *Annales* de cet observatoire par l'intermédiaire de notre sympathique collègue, M. Henri Vallot, son cousin et son collaborateur dans quelques parties de ses remarquables travaux.

On sait que M. J. Vallot a installé à ses frais en 1890 un refuge sur le rocher des Bosses à 4 365 *m* d'altitude, soit à 450 *m* environ au-dessous du sommet du Mont Blanc. Ce refuge, d'abord de modestes di-

mensions, a été établi d'après les plans de M. H. Vallot, puis agrandi l'année suivante, de manière à former une installation très complète. La construction est en bois à double cloison et entourée d'un mur en pierre. Elle comprend huit pièces avec lits, couvertures, poêles, fourneaux, batterie de cuisine, vaisselle, fauteuils, tables et accessoires, de manière à former un logement commode pour les explorateurs et leurs guides.

De plus, la partie formant observatoire contient un grand nombre d'instruments. Enfin M. Vallot a fait construire sur un rocher voisin un nouveau refuge contenant six lits où les touristes peuvent trouver asile sans gêner les savants.

La construction de ces édifices avait rencontré des difficultés de toute sorte, de l'ordre physique et même moral, car des préjugés invétérés dans le pays tendaient à établir l'impossibilité de faire une installation permanente sur le Mont Blanc.

L'exemple de la création de M. Vallot conduisit M. Janssen, membre de l'Institut, à projeter la construction d'un observatoire au sommet même du Mont Blanc. Ce savant s'adressa à M. Eiffel qui fit creuser un tunnel pour rechercher le rocher. Comme on ne put pas le trouver, on résolut d'établir la construction sur la neige même. Ces travaux de recherche, comme ceux de la construction même de l'Observatoire, ont été grandement facilités, sinon même rendus possibles, par l'existence du refuge Vallot, aussi doit-on regretter le dédain qu'on semble affecter, dans certains milieux, pour cet utile établissement fait par l'auteur de sa propre initiative, de ses deniers et sans attache ni subvention officielle.

Le premier volume des *Annales* de l'Observatoire météorologique du Mont Blanc renferme un certain nombre de documents d'une grande valeur, tels que des observations météorologiques simultanées, exécutées au sommet du Mont Blanc, aux Grands-Mulets et à Chamonix, par M. J. Vallot, une étude du même auteur sur la correction de température du baromètre de Fortin et des baromètres métalliques, une étude du même sur la variation de la température, de la pression et de la vapeur d'eau au Mont Blanc et aux stations inférieures, d'après les observations de 1887, une sur l'écoulement des glaciers du Mont Blanc, sur les mouvements des neiges au sommet de cette montagne, les tempêtes, etc.

On y trouve également deux notes de M. Henri Vallot, l'une sur les premières études pour la carte du massif du Mont Blanc en cours d'exécution par l'auteur à l'échelle de 1/20 000me et l'autre sur la compensation graphique applicable aux points trigonométriques secondaires. Nous citerons encore deux notes très intéressantes : l'une de M. X. Imfeld sur les travaux de sondage exécutés au Mont Blanc pour le compte de M. Eiffel, dans le but de rechercher le rocher, l'autre de M. le Dr Egli-Sinclair sur le mal de montagne. Le premier contient le journal des travaux allant du 7 août au 12 septembre et donnant le détail des opérations faites dans les conditions de travail les plus pénibles et dans lequel on trouve des renseignements sur les précautions à prendre pour ce genre de travail et des observations intéressantes. La seconde note,

émanant d'un médecin attaché à l'expédition Imfeld, établit sans conteste l'existence du mal de montagne contesté par certains, décrit ses symptômes, recherche ses causes, qui sont, d'après M. Egli-Sinclair, non dans la diminution de la pression de l'air, mais dans la diminution des globules du sang amenée par la raréfaction de l'air. Il y a des remèdes pour soulager ce mal, mais le seul efficace est la descente dans la vallée. Nous ne doutons pas que les volumes suivants des *Annales*, qui constituent une publication périodique, ne contiennent des sujets aussi intéressants que celui-ci.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1893

Rapport de M. Bienaymé sur une communication de M. A. Mallet à propos d'un **plan incliné pour le transbordement des bateaux,** établi à Beauval par M. J. Fournier.

Ce rapport donne des éloges mérités à l'esprit d'initiative dont a fait preuve M. Fournier et à la manière dont il a exécuté ce travail. Il est accompagné de la reproduction de la notice et des dessins que nous avons donnés dans le *Bulletin* de mai 1892 de la Société des Ingénieurs Civils. C'est à la suite de ce rapport que la Société d'Encouragement a décerné une médaille d'or à M. J. Fournier.

Rapport de M. Imbs sur la traduction par M. André Simon du **traité de la fabrication de la bonneterie de Franz Reh.**

Il s'agit d'un ouvrage de M. Franz Reh, de Vienne (Autriche) qui est à peu près le premier traité d'ensemble analytique et descriptif sur la question difficile et minutieuse des métiers à bonneterie. C'est donc un service réel qu'a rendu à notre industrie M. Simon en donnant de cet utile ouvrage une bonne traduction.

Rapport de M. Rouart sur **les machines à laver et repasser le linge** fabriquées par MM. Piet et Cie.

Ces machines comprennent : 1° des appareils à laver à tonneau tournant sur un axe horizontal dans lequel est disposé un battoir mobile ; 2° des appareils à rincer reproduisant les principales dispositions de la machine précédente, mais dans lesquels la lessive chaude est remplacée par un courant d'eau froide entrant et sortant par l'axe de rotation ; 3° des machines à repasser dans lesquelles le fer à repasser est remplacé par un cylindre creux chauffé au gaz ; 4° des machines à repasser analogues, mais chauffées par les gaz provenant d'un foyer quelconque.

Les alliages, par le professeur W.-C. Roberts-Austen (traduit du *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers).*

L'objet de ces recherches était d'étendre celles déjà exécutées par l'auteur relativement à l'application de la loi périodique de Mendeleff et Newland aux propriétés mécaniques des métaux. L'énoncé primitif de cette loi est que « les propriétés des éléments sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques. »

Ainsi on avait constaté que l'effet des impuretés ajoutées à l'or est presque proportionnel à leurs volumes atomiques et qu'il augmente avec ce volume : la question était de savoir s'il en est de même pour les autres métaux. Le principal moyen d'enquête consistait à observer les perturbations chimiques qui accompagnent les changements moléculaires et, comme ces perturbations se produisent ordinairement aux températures élevées, il fallait d'abord perfectionner et développer les méthodes d'observation et d'enregistrement de ces températures.

L'auteur décrit une série d'expériences faites par MM. Warburg et Tegetmeier pour démontrer qu'il est possible de déterminer éventuellement, dans certains corps vitreux, une porosité capable de laisser passer des éléments de volumes atomiques relativement faibles, en retenant les corps des volumes atomiques plus forts, de manière à opérer une sorte de filtrage mécanique des éléments. Ces savants ont constaté, par exemple, que le lithium, du poids atomique 7 et de volume atomique 15,98, peut filtrer à travers des canaux moléculaires laissés dans le verre par les atomes du sodium de poids atomique 23 et de volume 16,04 ; lorsqu'on substitue au lithium un métal de poids et valeur atomiques supérieurs, comme le potassium, on ne peut plus déplacer le sodium, parce que les atomes nouveaux sont trop gros pour traverser les porosités occupées par ce corps. Le volume de l'atome a donc une influence mécanique évidente.

Le cuivre se prête très bien à l'étude des influences des impuretés parce que celles-ci affectent singulièrement les propriétés mécaniques de ce métal. L'auteur a pris pour point de départ du cuivre électrolytique coulé en baguettes à l'aide de procédés spéciaux pour éviter les moindres traces d'oxyde. On a employé une machine d'essai particulière pour obtenir la résistance et on a étudié l'influence de diverses matières, arsenic, bismuth et antimoine. Ces expériences ont fait reconnaitre des faits très intéressants, ainsi l'arsenic augmente la ténacité du cuivre, ce qui justifie la supériorité reconnue par certains constructeurs de locomotives pour les cuivres anciens sur les nouveaux plus purs. On cite le fait d'un foyer de locomotive d'une durée exceptionnelle, 800 000 *km* en 20 ans, qui à l'analyse a donné 1,3 0/0 de matières étrangères, dont 0,4 de plomb, 0,37 d'arsenic, 0,3 de nickel.

L'auteur a fait une étude attentive de l'alliage de Newton, formé de plomb, bismuth et étain, qui jouit de la propriété de donner une élévation de température longtemps après la solidification de la masse. Il a constaté que cette perturbation thermique tient à la dilatation qu'éprouve l'alliage en se solidifiant et qu'on la fait disparaître en empêchant par une pression extérieure le métal de se dilater.

Le mémoire donne la description d'un pyromètre autographique dans lequel la position de l'aiguille du dynamomètre est reproduite par un tracé photographique.

Sur la **dénomination des différentes formes du carbone** dans les fers carburés, par A. Ledebur. (Traduit du *Stahl und Eisen*, par M. Osmond.)

On a longtemps indiqué deux formes seulement du carbone dans les

fers, le carbone combiné ou carbone amorphe et le graphite. On sait aujourd'hui que ces deux variétés peuvent revêtir elles-mêmes différentes formes. L'auteur propose la classification et les dénominations suivantes : 1. Carbone de trempe ; 2. Carbone de carbure normal ; 3. Carbone graphitique de recuit ; 4. Graphite. Le carbone peut passer d'une forme à l'autre suivant les opérations que subit le métal.

Dans une seconde note, l'auteur étudie la répartition de ces différentes espèces dans un certain nombre de fers carburés, tels qu'acier de moulage naturel et recuit, acier à outils, naturel, trempé et revenu au bleu, acier doux Thomas, fonte blanche, spiegel et ferro-manganèse, fonte grise, fonte trempée en coquille.

La **fabrication et les applications de la fonte trempée Gruson,** par M. Ekermers. (Traduit du *Journal of the Iron and Steel Institute.*)

H. Gruson a établi en 1855 une petite fonderie qui a été le point de départ des établissements actuels de Buckan-Magdebourg ; il y faisait de la fonte trempée en coquilles au moyen de mélanges de fontes au bois. La note donne les résultats d'un grand nombre d'expériences de résistance faites sur des mélanges différents. L'auteur fait observer que la composition chimique des fontes ne suffit pas pour assimiler deux alliages, parce qu'il faut encore que la fusion ait lieu dans les mêmes conditions. L'analyse chimique complète l'essai de résistance, mais elle ne peut pas remplacer celui-ci.

Dès 1860, la maison Gruson fabriquait des projectiles en fonte trempée ; l'idée lui vint naturellement d'employer cette même matière pour les travaux de défense et elle en fit l'application aux coupoles cuirassées qui ont reçu des applications très étendues. On peut citer, dans un autre ordre d'idées, les pointes de croisement, les roues de wagonets, les cylindres durcis pour la fabrication du papier, du carton, etc. Ces cylindres sont polis avec des meules d'émeri d'une disposition spéciale. On emploie encore la fonte trempée pour les meules à broyer les minerais, à fabriquer la poudre, pour les sabots de freins, et enfin pour des meules de moulins.

Des expériences très minutieuses ont fait reconnaitre sur des éprouvettes que la profondeur de la trempe varie de 5 *mm* à 50 *mm* et que la résistance à la compression peut atteindre 34 *kg* par millimètre carré.

Note sur la **construction d'un télescope équatorial à réflexion** de 1,52 *m*. Procédé employé pour donner au miroir sa courbure définitive et détails du mode d'essai adopté, par M. A. Common.

La question des filetages en Allemagne. — C'est un résumé par M. Ed. Sauvage, des travaux d'une commission de l'Union des ingénieurs allemands et de conférences tenues à Francfort en 1891 et à Munich en 1892.

Le chlore liquide (Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*). — On fabrique actuellement du chlore liquéfié par compression et qu'on loge dans des cylindres en fer ou acier. Le métal n'est pas atta-

qué par le chlore liquide. La densité de ce corps est de 1,33, de sorte qu'un récipient de 50 *kg* contient près de 15 000 litres de chlore gazeux. A 15° la pression est de 6 *kg* et à 39° de 10 *kg*; les récipients sont essayés à 100 *kg*. Ce mode de conservation est commode pour les laboratoires où on a souvent besoin de ce corps qui est long et ennuyeux à préparer. L'industrie peut également en tirer un parti considérable.

ANNALES DES MINES

11e *livraison de* 1893.

Notice nécrologique sur A. Henry, ingénieur en chef des mines, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer P.-L.-M., par M. R. Zeiller, ingénieur en chef des mines.

Note sur le **système de distribution de vapeur** à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants appliqué à des locomotives de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, par M. E. Polonceau, ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans.

Il s'agit du système proposé par nos collègues MM. Durant et Lencauchez dont la description se trouve dans le Bulletin de juin 1890 de notre Société. La note explique que ce système est appliqué à 8 locomotives à grande vitesse et en montage sur trois autres locomotives à voyageurs et trois à marchandises, soit en tout quatorze machines; les résultats indiqués sont une économie notable de combustible et une plus grande durée des tiroirs et des tables d'orifices des cylindres.

Théories relatives à la **coordination des soulèvements.** — Réseau pentagonal et réseau tétraédrique, par Ed. Fuchs, Ingénieur en chef des mines.

Le relief terrestre a pour cause le jeu des forces de la dynamique interne. M. de Chancourtois a imaginé, pour rendre compte de ces effets, une curieuse expérience. Un ballon en caoutchouc muni d'un robinet et gonflé a été plongé dans un bain de cire, de manière à recevoir une couche mince de cette substance. Avant qu'elle fût entièrement solidifiée on a fait échapper l'air; le diamètre du ballon diminuant, la couche de cire, jouant le rôle de l'écorce terrestre a dû se plisser. Il en est résulté des vides, des bossellements, accompagnés de fractures et disposés suivant un réseau presque régulier.

Un examen attentif montre que les efforts qui ont déterminé ces plissements sont de trois espèces : des efforts d'extension, de compression et de torsion.

Les soulèvements qui ont accompagné la solidification de la croûte terrestre ont dû se produire sous l'influence d'une loi de symétrie

ou avec une tendance marquée vers un arrangement symétrique, et cette symétrie doit nécessairement être symétrique. Élie de Beaumont a choisi comme base de la coordination rationnelle des accidents du relief terrestre, parmi les cinq modes de symétrie sphérique, le dodécaèdre pentagonal qui donne le maximum d'éléments de symétrie; c'est la base du système dit du réseau pentagonal. On a cherché à y opposer le système tétraédrique proposé par M. Lowthian Green. L'auteur reconnait que, malgré l'autorité qui s'attache justement au nom d'Élie de Beaumont, le système pentagonal est abandonné actuellement par la plupart des géologues, mais il croit que ce discrédit, qui tient à des causes diverses, n'est que momentané et qu'on reviendra à cette théorie qui a, pour lui, une supériorité incontestable.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 4 novembre 1893.

Communication de M. Leproux sur son **voyage aux États-Unis.**

Le compte rendu de ce voyage contient peu de choses qui ne se trouvent dans celui que notre collègue M. Rey a présenté à notre Société dans la séance du 20 octobre dernier, sauf quelques renseignements sur le pont projeté à New-York, sur la Rivière du Nord, d'après les études de M. Lindenthal.

Ce pont doit avoir 944 *m* de portée et recevoir quatorze voies de chemins de fer, plus une chaussée pour les piétons. Les câbles seront constitués par une série d'écheveaux de fil d'acier.

L'auteur de la communication a surtout étudié la métallurgie et les mines, soit à l'Exposition de Chicago, soit en Pensylvanie, où il a passé quelques semaines.

Communication de M. Clermont sur l'**alimentation en eau de la ville de Saint-Étienne.**

Cette communication, qui est la suite d'une précédente faite par l'auteur le 3 juin dernier, traite du filtrage des eaux et de leur distribution. Dans le cas actuel le filtrage est nécessaire pour purifier la masse parce que la séparation des eaux de source de celles du Furon recueillies par des barrages exigerait une double canalisation et une gêne et des dépenses considérables. La solution des filtres à eau courante tels que puits et galeries filtrantes creusés dans les alluvions parait la meilleure. On trouvera des considérations intéressantes sur le rôle joué par l'agitation de l'eau sur leur pureté relative; ainsi les grands lacs

ont une eau très pure, alors que les mares et étangs contiennent une eau corrompue et infecte. On doit donc s'attacher à maintenir l'eau en mouvement dans les conduites de distribution et l'étude de la canalisation et des réservoirs doit être faite de manière à satisfaire à cette condition essentielle.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin d'octobre-novembre 1893

Notice biographique et bibliographique sur **Xavier Mossmann,** archiviste de la ville de Colmar, par M. J. Reuss.

Rapports présentés au nom du Comité de chimie sur les **fécules modifiées** obtenues par MM. Siemens et Halske, de Berlin.

La transformation de la fécule ordinaire du commerce en produits plus solubles est effectuée dans ce procédé par l'emploi de l'ozone obtenu par voie électrique.

Ces produits donnent, à poids égal, un apprêt plus corsé et plus blanc que la fécule ordinaire; mais des essais plus prolongés sont nécessaires pour qu'on puisse se rendre un compte exact de la valeur réelle de l'invention.

Rapport sur le travail de M. l'abbé Hoffmann, concernant l'**industrie dans le Haut-Rhin** avant la Révolution, présenté au nom du Comité de commerce par M. Th. Hanhart.

Les renseignements contenus dans ce travail sont surtout relatifs à la fabrication du papier, née en Alsace vers 1760. Il y est également question de l'industrie du coton, qui, d'après l'auteur, occupait, vers 1789. 25 à 30 000 ouvriers. Les fabriques de Wesserling, Sainte-Marie-aux-Mines, Colmar et Munster étaient déjà assez importantes, malgré les difficultés qu'elles avaient à écouler leurs produits; les industriels de Mulhouse eurent notamment beaucoup de peine à obtenir du gouvernement l'assimilation des produits de l'industrie du coton de Mulhouse à celle du reste de l'Alsace. C'est même pour prévenir la ruine inévitable de de son industrie et de ses habitants, que les autorités de Mulhouse finirent par demander leur réunion à la France. C'est à cette époque que commence la véritable prospérité industrielle et commerciale de cette ville.

On trouve quelques renseignements intéressants sur la laine, le chanvre, la vannerie et l'industrie du fer. Il est à regretter que l'auteur se soit arrêté à la date de 1790; et on peut espérer le voir continuer cet intéressant travail jusqu'à une époque plus rapprochée de nous.

De l'**usage du thé** dans la famille ouvrière, par M. Ch. Robin.

L'expérience démontre l'avantage du thé léger sur le vin, la bière et les autres boissons fermentées pour le travailleur sédentaire. Il ranime l'homme fatigué et lui donne des forces nouvelles. Il a, de plus, une propriété précieuse, celle de dégoûter de l'usage du vin et des liqueurs alcooliques. Le thé doit être léger, à la dose de 2 à 4 *g* au plus par litre, et on doit n'employer que le thé noir.

Pour une famille de cinq personnes, composée du père, de la mère et de trois enfants, l'économie provenant du remplacement du vin par le thé ressort à environ 275 *f* par an. Cette note est suivie de quelques conseils sur l'hygiène et la nourriture de l'ouvrier sédentaire.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 48. — 2 *décembre* 1893.

Notice nécrologique sur Fr. Grashof.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago en 1893, par Ad. Brunner *(suite)*.

Le chauffage et la ventilation à l'Exposition de Chicago et dans l'Amérique du Nord, par H. Fischer *(suite)*.

Les vibrations des coques de navires, par J. Kleen.

Groupe de Berlin. — Action de la vapeur d'eau dans les appareils de désinfection.

Groupe de Siegen. — Installations de carbonisation de bois à Lohe.

Bibliographie. — Précis de la métallurgie du fer, par H. Wedding.

N° 49. — 9 *décembre* 1893.

Unité de poids ou de force? par M. Grüller.

Moteurs à gaz et petits moteurs à l'Exposition de Chicago, par F. Freytag *(suite)*.

Notes d'un voyage d'études en Amérique. — Chemins de fer, par G. Barkhausen *(suite)*.

Les paquebots à deux hélices de la Compagnie Cunard *Campania* et *Lucania*, par Görris et Riess *(fin)*.

Groupe du Rhin inférieur. — Transmission électrique du travail. — Expériences sur la soudure électrique de Lagrange et Hoho. — Explosion d'une chaudière à vapeur.

Bibliographie. — Chimie inorganique, par W. Borchers.

N° 50. — 16 *décembre* 1893.

Installation des turbines de la fabrique de ciment de Weiser.

Les locomotives compound aux Etats-Unis, par E. Brückmann.

Nouvelle construction des ascenseurs pour personnes et marchandises en Amérique, par M. F. Gutermuth *(suite)*.

Moteurs à gaz et petits moteurs à l'Exposition de Chicago, par F. Freytag *(suite)*.

Résistance des poutres en treillis, par M. Westphal.

Machine à vapeur système Heinzmann avec distribution par tiroirs à pistons.

Calcul des hélices propulsives, par G. Fliege.

Transmission électrique pour indicateurs de Kovarik.

Groupe de Wurtemberg. — Transmission électrique de force à Bissingen. — Nouveau bateau à vapeur du lac de Constance *Königin Charlotte*.

Variétés. — Exposition de l'art des mines et de la métallurgie à Santiago (Chili).

Correspondance. — Le service des transports à l'Exposition de Chicago.

N° 51. — 23 *décembre* 1893.

Machines élévatoires des eaux de Hanovre, par D. Meyer.

Nouvelle construction des ascenseurs pour personnes et marchandises en Amérique, par M. F. Gutermuth *(fin)*.

Machines-outils à l'Exposition de Chicago, par W. Hartmann *(suite)*.

Unité de force ou de poids? par E. Brauer.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(fin)*.

Groupe de Berlin. — Ecluse de Brunsbuttel. sur le canal de la mer du Nord à la Baltique.

Variétés. — Exposition de Chicago. — Exposition des Aciéries d'Osnabruck. — Exposition industrielle de Thuringe à Erfurt en 1894.

Correspondance. — Reconstruction du pont sur la gare centrale de Münich. — Fabrication de la soude.

N° 52. — 30 *décembre* 1893.

Installation électrique de la ville de Dusseldorf, par Th. Stort.

Notes métallurgiques sur New-Jersey et de Lehigh-Valley, par E.-F. Durre.

Machines-outils à l'Exposition de Chicago, par W. Hartmann *(suite)*.

Observations sur la partie électrique de l'Exposition de Chicago, par E. Budde.

Groupe de Bavière. — Notes d'un voyage en Amérique.

Groupe de Hanovre. — Appareils de désinfection par la vapeur.

Variétés. — Chauffage des chaudières sans fumée, système Dulac.

Correspondance. — Paquebots à deux hélices de la Compagnie Cunard *Campania* et *Lucania*. — Allumage par tubes incandescents pour moteurs à gaz et à pétrole. — Laboratoires d'essai dans les chemins de fer.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA CHRONIQUE

DE 1893

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1893

(Bulletins)

